MINÉRALOGIE

ET

GÉOLOGIE

Quum ex Seminarii praescripto recognitum fuerit opus cui titulus est : " ÉLÉMENTS DE MINÉRALOGIE ET DE GÉOLOGIE, *par l'abbé J.-C.-K. Laflamme,*" nihil obstat quin typis mandetur.

M.-E. MÉTHOT, A.M., S.T.D.
Rector U. L.

Quebeci, die 22 februarii, A.D. 1881.

ÉLÉMENTS

DE

MINÉRALOGIE

ET DE

GÉOLOGIE

PAR

L'abbé J.-C.-K. LAFLAMME
Professeur à l'Université Laval

QUÉBEC
IMPRIMÉ PAR P.-G. DELISLE
1881

PRÉFACE.

Faciliter l'étude de la Minéralogie et de la Géologie aux élèves de nos maisons d'éducation, la leur rendre plus utile, plus pratique, plus attrayante, tel a été l'unique but que nous nous sommes proposé dans la rédaction de ce petit ouvrage. Il nous a semblé que ces deux sciences, étudiées en rapport avec les ressources minérales de notre province, gagneraient en intérêt et en importance dans l'esprit des élèves eux-mêmes.

Ce point de vue particulier explique pourquoi nous n'avons pas cru devoir donner à certaines parties de la Minéralogie et de la

Géologie, tout le développement qu'aurait exigé un traité plus général. Ainsi, il nous a fallu nous restreindre à la description d'un petit nombre d'espèces minérales, et, dans la Géologie historique, l'étude des fossiles est très raccourcie. Nous n'avons pas cru qu'il était possible d'exiger davantage d'élèves, qui, dans tout leur cours classique, peuvent à peine consacrer quelques semaines à l'étude des sciences naturelles.

Ceux qui désireraient augmenter et compléter leurs connaissances minéralogiques, trouveront dans les auteurs que nous énumérons plus loin et auxquels nous avons largement emprunté, les détails les plus circonstanciés et les plus intéressants sur les points, hélas ! trop nombreux, que nous n'avons pu qu'effleurer.

Nos vignettes, gravées par M. P.-G. Delisle, sont tirées en partie de ces ouvrages. Un bon nombre cependant sont inédites et ont été dessinées par nous d'après nature.

En terminant qu'il nous soit permis d'offrir un mot de sincère remerciement à tous ceux qui ont bien voulu nous aider de leurs conseils

ou de leurs bonnes paroles. Il nous fallait bien cela pour mener à bonne fin une entreprise, rendue difficile et laborieuse par les difficultés considérables qui obstruent toujours toute voie nouvelle. La tâche que nous nous étions imposée était donc assez rude. Cependant nous ne regretterions pas nos peines, si nous avions contribué un tant soit peu à faire étudier avec plus de goût et de succès les différents départements du règne minéral. C'est là notre dernier vœu et l'unique récompense que nous ambitionnons pour nos travaux.

L'abbé J.-C.-K. LAFLAMME.

Québec, 21 février 1881.

OUVRAGES A CONSULTER.

Minéralogie, par F.-S. Beudant.

Géologie, par F.S. Beudant.

Traité élémentaire de Minéralogie, par M. F. Pisani.

Traité de Minéralogie, par M. Des Cloizeaux.

La terre avant le déluge, par M. L. Figuier.

La terre et les mers, par M. L. Figuier.

Etudes synthétiques de Géologie expérimentale, par M. A. Daubrée.

A text book of Mineralogy, by M. E. Dana.

A system of Mineralogy, by M. J.-D. Dana.

Determinative Mineralogy and blowpipe, by M. Brush.

Manual of Geology, by M. J.-D. Dana.

Rocks classified and described, by Von Cotta.

The study of rocks, by M. Rutley.

Rapports de la Commission géologique du Canada.

Elements of Geology, by M J. Le Conte.

Principles of Geology, by C. Lyell

Azoïc rocks, by Dr T.-S. Hunt.

Chemical and Geological essays, by Dr T.-S Hunt.

Minerals of central Canada, by M. J.-E. Chapman.

The story of the earth and man, by Dr Dawson.

Acadian Geology, by Dr Dawson.

Manual of Paleontology, by A. Nicholson.

Nous recommandons tout particulièrement les ouvrages de MM. Pisani, Des Cloizeaux, Daubrée, E. Dana, J.-D. Dana, Brush, Le Conte, Hunt, Dawson et Chapman.

PREMIÈRE PARTIE

MINERALOGIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

La Minéralogie est cette partie des sciences naturelles qui traite des minéraux.

La croûte terrestre nous offre une grande variété de substances minérales. C'est là qu'on trouve tous les *éléments* de la chimie, isolés, ou bien le plus souvent combinés, mélangés en proportions variables. Etudier ces composés, déterminer ceux qui, grâce à des caractères invariables, constituent des groupes parfaitement distincts, décrire avec soin ces espèces minérales, donner les moyens de les distinguer les unes des autres, enfin faire connaître leur mode de gisement, voilà le but général de la minéralogie.

Dans cette partie des sciences naturelles nous n'avons donc pas à étudier l'origine de la croûte terrestre, pas plus que les modifications qu'elle a subies depuis le commencement de son existence. Cette étude est du domaine de la Géologie, et bien que cette dernière puisse être regardée comme une division de la Minéralogie, on est convenu d'en faire un département complètement distinct, une science à part.

Avant de commencer cette étude des minéraux, il convient de définir ce qu'on entend par minéral.

Il est difficile de donner d'un *minéral* autre chose qu'une définition de mot. Nous entendrons donc, dans cet ouvrage, par *minéral :* tout corps à la formation duquel les forces vitales n'ont participé en aucune sorte, ou qui, bien que formé sous l'influence de la vie, a été profondément modifié dans sa constitution par l'action des agents physiques ou chimiques. Cette définition établit la différence qu'il y a entre un minéral et les êtres organisés, entre un minéral et les produits que l'on fabrique dans les laboratoires. Elle a de plus assez d'extension pour comprendre les houilles, les lignites, les gommes fossiles et autres substances d'origine organique trouvées dans le sein de la terre.

Contrairement aux êtres vivants, les minéraux, comme les composés chimiques fabriqués dans les laboratoires, sont homogènes dans toute leur masse, et gardent toujours les mêmes caractères quels que soient leur volume, leur forme, leur âge, etc. Les minéraux ont de telles analogies avec les substances que l'on prépare dans les laboratoires que la distinction qu'on établit entre eux est tout à fait arbitraire.

Le carbonate de chaux par exemple, qui se prépare si facilement dans les laboratoires, ne présente pas la plus légère différence avec le carbonate de chaux qu'on rencontre partout dans la nature. De plus, les belles recherches de MM. Daubrée, T. S. Hunt et autres, sur la synthèse de plusieurs espèces minérales, ont prouvé qu'on peut fabriquer artificiellement un grand nombre de minéraux de la nature. Il n'y a donc pas de raison sérieuse pour que, dans la classification systématique des êtres bruts, on mette d'un côté les composés que nous fournit l'écorce du globe, et de l'autre les produits des laboratoires, vu que la même substance se trouve absolument identique de chaque côté de cette ligne de démarcation.

DIVISIONS.

Entre les différentes manières de diviser la Minéralogie, nous adopterons celle de M. E. Dana ; en conséquence nous diviserons la Minéralogie en trois parties.

1° La *Minéralogie physique*, qui s'occupe de l'étude, de l'examen de la structure et de la forme des minéraux ainsi que des propriétés physiques qui servent à la classification et à la distinction des espèces.

2° La *Minéralogie chimique* ou l'étude des minéraux considérés comme composés chimiques.

3° La *Minéralogie descriptive*, qui comprend les principes de la classification minéralogique, la description des espèces et des variétés.

A ces trois parties nous pourrions en joindre une quatrième qui serait la Minéralogie économique. Elle s'occuperait de l'utilité qu'on peut retirer des minéraux soit dans la métallurgie, soit dans la bijouterie ou les arts en général. Pour y suppléer, nous indiquerons brièvement, dans la description que nous dondonnerons des différentes espèces, les principaux usages de chacune d'elles.

LIVRE PREMIER.

MINÉRALOGIE PHYSIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Formes des minéraux et lois cristallographiques.

Les corps, quels qu'ils soient, sont composés de parties très petites, maintenues à distance les unes des autres et appelées molécules. Les dernières recherches spectroscopiques de M. N. Lockyer sont de nature à faire supposer que ces molécules ne sont elles-mêmes que des aggrégations de particules plus petites, qu'on appellerait atomes et qui seraient les éléments de la matière. Les différentes propriétés physiques et chimiques des molécules seraient ainsi le résultat, ou du nombre d'atomes nécessaires pour former les molécules des différents corps, ou de leur mode de groupement.

Les molécules matérielles n'obéissent, en se groupant ensemble, qu'aux lois de l'attraction moléculaire. Et dans ce cas il est naturel de croire que le groupement se fera toujours avec une certaine régularité, surtout s'il est le résultat d'actions peu énergiques, se continuant pendant longtemps. Rien de surprenant

alors si nous trouvons des minéraux à structure capillaire, v.g., asbeste, le gypse fibreux, qui nous montrent l'existence de files moléculaires, première phase du groupement des éléments des corps. Ailleurs, dans le mica, le talc par exemple, nous trouverons des feuillets séparables les uns des autres et témoignant à leur tour de l'existence de lames, résultat d'un groupement régulier des files moléculaires. Dans d'autres minéraux, v. g., le sel gemme, ces files, ces lames sembleront ne pas exister, mais la présence de certains plans de rupture parfaitement réguliers nous prouvera encore que le minéral a une structure intérieure régulière. Il en est ainsi pour tous les minéraux à quelques rares exceptions près.

Ces considérations générales sur la structure élémentaire des minéraux nous font prévoir que très souvent ces minéraux devront avoir des formes extérieures régulières. C'est aussi ce qui a lieu, et ces formes ont reçu le nom de formes cristallines.

Cristaux.—Les cristaux sont des solides à forme géométrique régulière, susceptibles de détermination rigoureuse. L'étude de ces formes porte le nom de cristallographie. Ces polyèdres sont limités par des faces plus ou moins développées et par des angles dièdres, solides ou plans, invariables.

Le volume des cristaux varie à l'infini. On en trouve de toutes les dimensions depuis les cristaux microscopiques jusqu'aux énormes cristaux, pesant plus de 200 livres, trouvés dans une veine de quartz des Alpes.

Axes.—Pour faciliter l'étude de ces formes on suppose l'existence à leur intérieur de certaines lignes

ayant chacune une position déterminée et appelées *axes* de cristallisation. Un axe est une ligne passant par le centre du cristal et autour de laquelle les faces cristallines sont disposées avec symétrie. On le définit encore quelquefois : toute ligne passant par le centre du cristal et aboutissant au milieu de deux faces opposées, de deux arêtes opposées ou à deux pointements opposés. Les lignes *ab*, *cd*, *ef*, (fig. I) sont des axes. Il en serait de même des lignes *mn*, *pr*, *st*, qui joindraient deux pointements opposés.

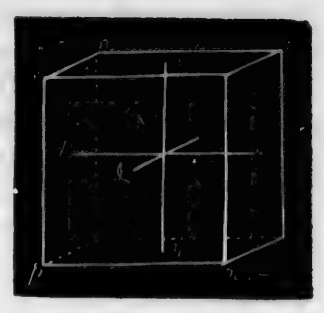


Fig. 1.

Dans l'exemple que nous venons de citer les axes sont tous égaux. Dans certains cas un de ces axes se distingue par des propriétés spéciales, soit par une longueur différente des autres, soit par certaines propriétés optiques, on l'appelle pour cela *axe principal*. Tel est dans la fig. 2, prisme droit à base carrée, l'axe *ab* qui joint le milieu des deux bases opposées et qui est le plus court ou plus long que les deux axes *cd* et *ef*, joignant le milieu des faces latérales opposées.

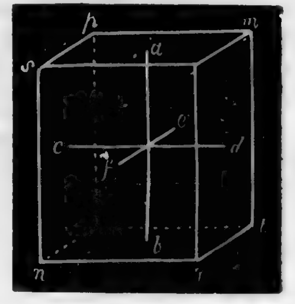


Fig. 2.

Cristallogénie.—Pour qu'un corps puisse prendre la forme cristalline, il faut que ses molécules se réunis-

sent lentement de manière à constituer des groupements parfaitement réguliers, ce qui peut se faire lorsque les corps passent de l'état gazeux ou liquide à l'état solide. Or la solidification peut être le résultat de l'évaporation d'une dissolution quelconque, du refroidissement d'une substance fondue ou enfin de la condensation d'une vapeur. De là trois modes de cristallisation. Lorsqu'une dissolution est soumise à l'évaporation, elle se concentre peu à peu, elle devient sursaturée et la substance dissoute se solidifie en cristaux d'autant plus beaux, d'autant plus réguliers, que l'évaporation a été plus lente. Par la fusion les molécules d'un corps sont éloignées les unes des autres et lorsqu'il se refroidit, elles se rapprochent graduellement pour se grouper en cristaux. Ici encore la beauté, la perfection des cristaux dépend de la lenteur du refroidissement. Si le liquide se solidifie rapidement, les cristaux sont petits, mal définis, si au contraire le liquide ne se refroidit que lentement, on peut avoir de belles cristallisations. C'est de cette manière qu'on obtient les magnifiques cristallisations de bismuth qui se voient dans tous les laboratoires. Enfin dans certains cas une vapeur passe directement à l'état solide, sans se liquéfier. Ce phénomène peut lui aussi produire de beaux cristaux. C'est ainsi que l'iode, le soufre, se subliment et cristallisent avec une grande facilité. Tels sont, sans doute, les procédés qui, dans l'écorce terrestre, ont présidé à la formation des cristaux naturels.

Détermination des formes cristallines.—Si les cristaux étaient toujours réguliers, on pourrait les déterminer très facilement par la mesure des faces ter-

minales ou de la longueur des axes. Mais les cristaux parfaits ne se rencontrent jamais ou presque jamais. Le minéralogiste est donc forcé d'avoir recours à d'autres données. Le caractère qui lui sert à déterminer ces formes est la valeur des angles dièdres.

Ces angles sont constants pour une même espèce minérale et une même forme cristalline. Cette loi remarquable, trouvée par Romé de Lisle, a été légèrement modifiée par Mitscherlich qui l'a ainsi énoncée: " Pour les cristaux de même espèce et de même forme extérieure, les angles dièdres sont constants, si on les mesure à la même température." Cette dernière condition a été ajoutée parce qu'on a observé que certains cristaux se dilataient ou se contractaient différemment en différents sens, ce qui causait une variation dans la valeur des angles dièdres. Toutefois cette variation peut être négligée sans inconvénient pour des mesures faites à la température ordinaire. Entre 0° et 100° elle ne dépasse pas 10' à 12'.

Une autre circonstance fait encore varier la valeur des angles dièdres ; c'est le mélange d'isomorphes. Plusieurs substances ont même forme cristalline et cette similitude s'étend presque jusqu'à la valeur des angles. Ainsi le carbonate de chaux et le carbonate de magnésie cristallisent en rhomboèdre dont un angle dièdre égale 105° 5' pour le premier, et 107° 25' pour le second. Ces deux substances sont dites isomorphes. Or on a remarqué que les isomorphes pouvaient se substituer les uns aux autres dans la formation d'un cristal et cela en toute proportion. Il suit de là que le cristal résultant d'un semblable mélange aura des angles de valeur intermédiaire entre les angles de

chacune des substances composantes. On a même constaté qu'il y avait une relation entre la valeur des angles d'un tel cristal et la quantité relative des sels isomorphes réunis ensemble ; de telle façon qu'on trouve là un mode d'analyse approximative auquel on pourrait recourir dans certains cas.

Mesure des angles dièdres.—Nous venons de voir que les formes cristallines se déterminent géométriquement par la mesure des angles dièdres, il est donc très important de trouver la valeur exacte de ces angles. Les instruments qui permettent de faire cette mesure sont appelés goniomètres. Ils sont de deux genres : les goniomètres par application et les goniomètres par réflexion. Nous empruntons à M. F. Pisani la description du goniomètre par application.

" *Goniomètre d'application.*—Ce goniomètre, le plus anciennement connu, est appelé aussi goniomètre de Carangeot (du nom de son inventeur) et a été employé par Romé de l'Isle et par Haüy. La figure 3 représente le modèle le plus commode et en même temps le plus simple. Il consiste 1° en deux alidades en acier AB et A'*b*, pouvant se mouvoir autour d'un axe que l'on peut faire glisser le long de rainures pratiquées dans les deux pièces ; 2° d'un demi-

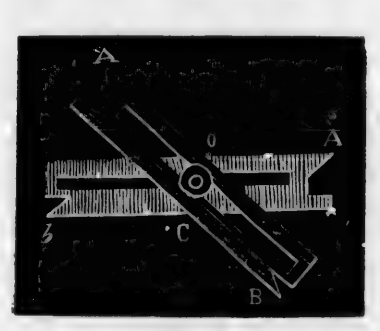


Fig. 3.

cercle ou rapporteur en cuivre divisé en degrés Lorsqu'on veut mesurer un angle dièdre au moyen de cet instrument, on tient le cristal de la main gauche, à la hauteur de l'œil, et l'on applique les deux branches *b*C, CB sur les deux faces, en ayant soin que le plan des alidades soit bien perpendiculaire à l'arête du cristal. Quand les deux branches sont bien appliquées, on serre la vis de l'axe et on place l'alidade A'*b* suivant le diamètre du demi-cercle, fig. 4, de manière à ce que le point O coïncide avec le point *o* qui est le centre du cercle. On lit alors sur le limbe le nombre de degrés correspondant à l'angle AOA'.

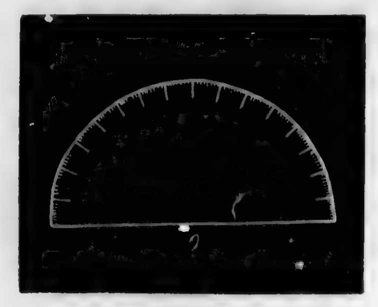


Fig. 4.

" Quand le cristal à mesurer est sur sa gangue, et qu'on est gêné par la longueur des branches *b*C, CB, on fait glisser les deux alidades de manière à raccourcir autant qu'il est nécessaire ces deux portions *b*C, CB. On obtient le minimum de longueur en rapprochant les deux pointes A et A' et en plaçant, par conséquent, le cristal en O au lieu de le placer en C ; de cette manière on peut mesurer de très petits cristaux lorsqu'ils sont engagés dans la roche."

Les mesures faites au goniomètre par application sont loin d'être exactes. Tout ici, dit Beudant, se fait

par des tâtonnements qui sont d'autant plus difficiles que l'on est obligé de tenir le cristal d'une main, l'instrument de l'autre, et d'en porter l'ensemble devant l'œil, pour observer au jour, ce qui est fort gênant et produit des vacillements continuels, dont on ne s'aperçoit même pas. Quelque habitude que l'on ait, rien ne peut assurer que les alidades ont été placées rigoureusement perpendiculaires à l'arête de jonction des deux faces dont on veut déterminer l'inclinaison, ni assez bien appliquées sur ces faces, pour en prendre exactement l'angle. Dans les petits cristaux, il faut considérablement raccourcir les alidades pour pouvoir mesurer les angles, et il est difficile de juger de l'exactitude de leur application. Dans les gros cristaux il est rare que les faces ne soient pas bombées ou inégales, ce qui présente une autre cause d'erreurs que l'on ne peut éviter. Aussi a-t-on recours de préférence au goniomètre par réflexion qui est de beaucoup le plus exact.

Il y en a plusieurs dont un des plus simples est celui de Wollaston. Voici comment Beudant le décrit tout en indiquant la manière de s'en servir :

" *Goniomètre de Wollaston.*—Il se compose, fig. 5, d'un cercle de cuivre gradué, placé verticalement, et tournant autour d'un axe horizontal ; cet axe est percé dans toute sa longueur, pour laisser passer un autre axe intérieur dont l'extrémité porte plusieurs pièces mobiles. Pour se servir de cet instrument, on place d'abord le cercle à zéro, ou à 180°, parce qu'il est divisé en deux fois 180°. On dispose ensuite le cristal sur la petite plaque *a*, en l'assujétissant avec de la

cire, de manière que l'arête soit à peu près perpendiculaire au plan du cercle, et dans l'axe de rotation. Cela fait, on place le goniomètre à une fenêtre ouverte, devant un bâtiment assez éloigné qui présente plusieurs lignes horizontales, comme une ligne de toits, une ligne de balcons, etc, et de manière que le

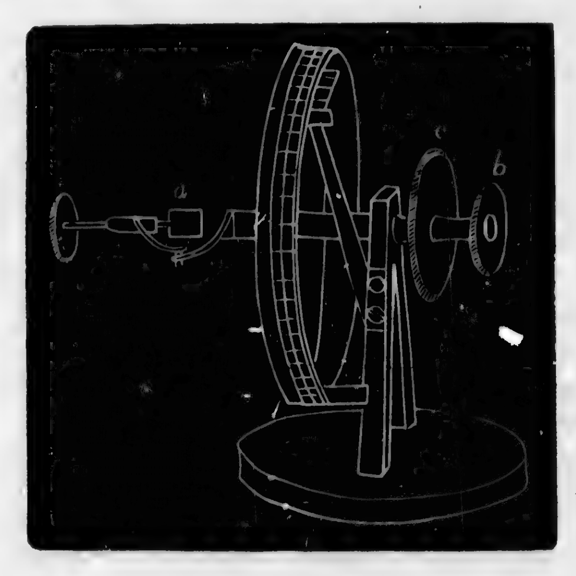


Fig. 5.

plan du cercle soit à peu près perpendiculaire à la face du bâtiment. Plaçant alors l'œil très près du cristal, on fait tourner l'axe intérieur par le moyen de la virole *b*, et on amène une des faces dans une position telle, qu'elle puisse réfléchir la plus haute de ces lignes : puis on continue à tourner lentement jus-

qu'à ce que l'œil aperçoive à la fois cette image réfléchie et une autre ligne horizontale, plus basse que la première, vue directement. Si ces deux lignes coïncident, la face du cristal est horizontale ; si elles ne coïncident pas, on fait varier doucement soit la position du cercle, soit celle du cristal, au moyen des pièces mobiles de l'extrémité extérieure de l'axe, jusqu'à ce que l'on parvienne à la coïncidence indiquée. On fait ensuite la même opération sur l'autre face, puis on revient à la première pour la vérifier, etc. Lorsque, après quelques essais, on est parvenu à obtenir successivement la coïncidence de ces lignes par les deux faces, on est sûr que la ligne d'intersection, ou arête du cristal, est exactement horizontale.

" Parvenu à ce point, il ne faut plus toucher au cristal, et faire en sorte de ne pas déranger l'instrument. On procède alors à la mesure de l'angle : pour cela, on fait d'abord tourner le cristal par la virole *b*, jusqu'à ce qu'une des faces réfléchisse la ligne supérieure du bâtiment et la mette en coïncidence avec une ligne inférieure ; puis, au moyen de la virole *c*, on fait tourner le cercle lui-même, qui entraîne alors le cristal dans sa rotation, jusqu'à ce que la réflexion et la coïncidence des mêmes lignes aient eu lieu sur l'autre face. Le cristal a décrit alors un angle qui est le supplément de celui qu'on cherche ; mais, au lieu de faire marquer cet angle par le limbe, on lui a fait marquer directement celui du cristal, en le divisant en sens inverse de son mouvement.

" Cet instrument n'est destiné qu'à mesurer de très petits cristaux, parce que l'œil n'étant point fixe, la

distance des objets de mire n'étant pas très grande, il faut que la dimension du cristal et sa distance à l'œil puissent être considérées comme infiniment petites pour que l'opération soit exacte ; mais c'est un avantage réel, parce que les plus petits cristaux sont toujours ceux dont les faces sont les plus nettes. Dans les gros cristaux, qui résultent presque toujours d'agrégation, il est très rare de rencontrer des faces bien planes et bien lisses."

Systèmes cristallins.—Les cristaux dans la nature se rencontrent sous une infinité de formes différentes. On dit que ces formes sont *simples* lorsqu'elles sont limitées par des faces égales, v. g. le cube, l'octaèdre et le tétraèdre régulier ; elles sont composées, si les faces terminales ne sont pas égales, v. g. fig. 6. Assez souvent encore les formes prismatiques sont appelées formes ouvertes, v. g. le cube et les formes pyramidales, formes fermées v. g. l'octaèdre.

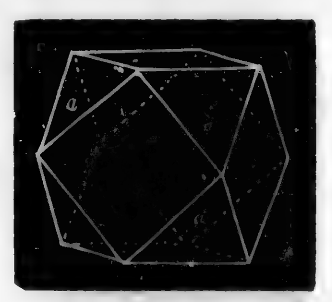


Fig. 6.

Le nombre si grand des formes cristallines peut, par la considération de la longueur et de la position relative des axes, se ramener à six systèmes, auxquels on a donné le nom de systèmes cristallins. En voici l'énumération avec leurs caractères distinctifs.

I. Système *cubique*.—Il est caractérisé par trois axes égaux et rectangulaires. La forme géométrique qui le représente est le cube, fig. 1, ou l'octaèdre régulier, fig. 7. Cette forme étant très simple, se rencontre fréquemment dans la nature, car on a remarqué que les formes à symétrie simple étaient les plus nombreuses parmi les minéraux.

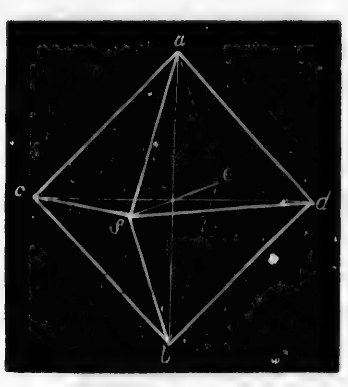


Fig. 7.

II. Système *hexagonal*.—Il est caractérisé par quatre axes, dont trois égaux, dans le même plan et faisant entre eux des angles de 60°, le quatrième inégal et perpendiculaire sur le plan des trois autres, fig. 8. La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base hexagonale. Dans ce système un des axes se distingue complètement des trois autres par sa longueur et sa position. C'est celui qui occupe l'axe géométrique du prisme hexagonal : voilà pourquoi on lui donne le nom d'axe principal.

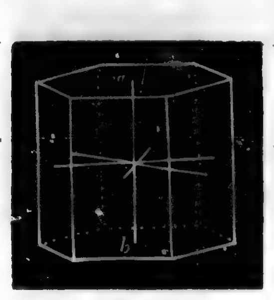


Fig. 8.

III. Système *quadratique*.—Caractérisé par trois axes rectangulaires dont deux égaux et le troisième inégal, fig. 9 et 10. Ce dernier est un axe principal.

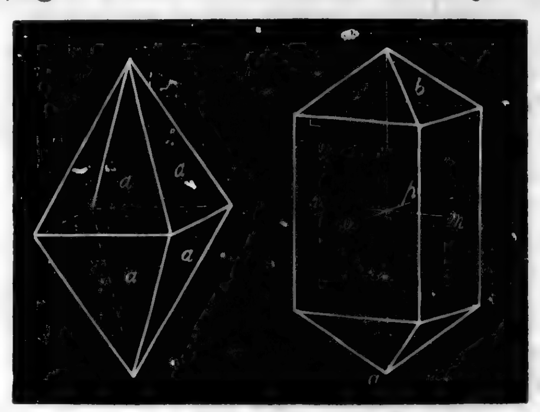


Fig. 9. Fig. 10.

La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base carré.

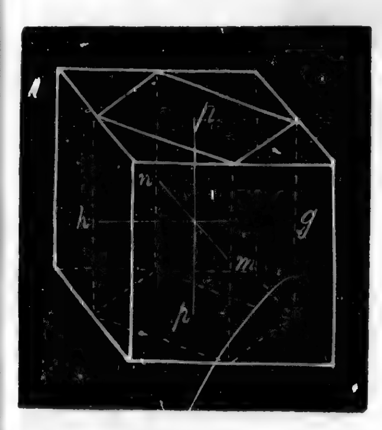


Fig. 11.

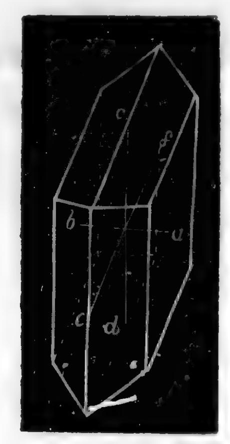


Fig. 12.

IV. Système *rhombique*.—Caractérisé par trois axes inégaux et rectangulaires, fig. 11. Il ne renferme pas par conséquent d'axe principal. La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base rectangle ou rhomboïdale.

V. Système *clinorhombique*.—Caractérisé par trois axes inégaux, dont deux rectangulaires et le troisième oblique sur le plan des deux autres, fig. 12. La forme géométrique qui le représente est le prisme oblique à base rectangle ou rhomboïdale.

VI. Système *anorthique*.—Caractérisé par trois axes inegaux tous obliques les uns par rapport aux autres, fig. 13. C'est le dernier degré de symétrie possible. La forme géométrique qui le représente est un prisme oblique à base parallélogramme-obliquangle.

Fig. 13.

Ces systèmes peuvent se distribuer en trois *groupes* bien caractérisés. Le premier groupe ne renferme que le système cubique, c. à d., l'unique système où tout est absolument régulier. Le second groupe comprend le système hexagonal et le système quadratique, les seuls systèmes à axes principaux. Enfin dans le troisième groupe on range les trois autres systèmes. Ce classement est très avantageux pour

l'étude des propriétés caractéristiques des différents systèmes cristallins. Nous venons de voir qu'il y a dans un même groupe des analogies de symétrie très remarquables. Plus tard, dans l'étude des propriétés optiques des minéraux, nous verrons ces analogies entre les systèmes d'un même groupe apparaître de nouveau.

MODIFICATIONS DES CRISTAUX.—Il est relativement rare de rencontrer dans la nature les systèmes cristallins représentés par l'une des formes géométriques que nous avons indiquées comme caractéristiques de chacun d'eux. Le plus souvent ces formes sont modifiées de diverses manières, et de fait, en partant d'une quelconque des formes ci-dessus décrites, on peut, par des modifications judicieusement faites, trouver toutes les formes du système cristallin auquel appartient le solide qui a servi de point de départ.

Pour nous aider à comprendre comment se font ces modifications disons d'abord qu'on appelle arêtes *semblables* celles qui ont non seulement même longueur, mais encore dont les angles dièdres eux-mêmes sont semblables. Les angles solides sont *semblables* quand ils sont formés par des angles plans égaux chacun à chacun, appartenant en même temps à des plans semblables. Ainsi, v. g. les arêtes et les angles solides d'un cube sont tous semblables, tandis que dans un prisme carré droit les arêtes latérales sont semblables entre elles, mais ne le sont pas aux arêtes de la base De même les angles solides de ce prisme ne sont pas semblables aux angles solides du cube.

Fig. 15.

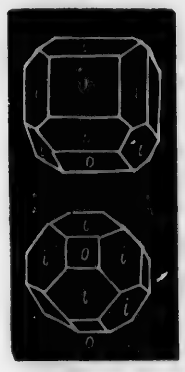


Fig. 14.

Les modifications des cristaux consistent toujours dans le remplacement d'une forme terminale par une autre. Ainsi on remplacera un angle solide du cube, fig. 1, par une troncature, *i* fig. 17 et 6, ou les angles dièdres par un plan, fig. 14 et 15. Ces faces modifiantes peuvent finir par faire disparaître complètement les faces primitives.

L'étude de ces modifications avait conduit Haüy à une loi suivant laquelle il supposait qu'elles se font toujours, et que voici : " Dans un cristal toutes les parties semblables sont modifiées à la fois et de la même manière, et les parties dissemblables sont modifiées d'une manière différente."

Haüy supposait que dans les formes cristallines, les parties géométriquement semblables sont aussi physiquement semblables. Mais l'observation lui fit bientôt remarquer un grand nombre de substances dans lesquelles la moitié seulement des parties géométriquement semblables étaient modifiées simultanément et de la même manière. Sans se rendre compte de la cause de cette étrange exception, il lui donna le nom d'*hémiédrie*, désignant par le terme *oloédrie* le cas des modifications qui se reproduisent sur toutes les parties géométriquement semblables. Plus tard, une étude plus approfondie fit reconnaître que la cause de l'hémiédrie devait être attribuée à la forme même des

molécules composantes, lesquelles, par leur arrangement régulier dans un cristal, peuvent faire présenter à celui-ci des parties en réalité *physiquement* différentes, lors même qu'elles correspondent à des parties géométriquement semblables. Par exemple, si un cube est le résultat de la réunion de molécules tétraédriques, fig. 16, on conçoit que les pointements tous semblables géométriquement ne le soient pas physiquement.

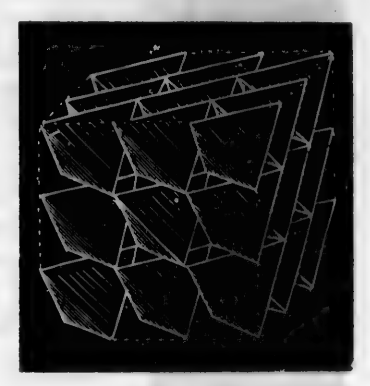


Fig. 16.

Pour que la loi de Haüy soit générale et ne souffre pas d'exception, il faut donc l'énoncer comme suit : " Dans un cristal, toutes les parties *géométriquement et physiquement* semblables sont modifiées à la fois et de la même manière, etc."

Cet énoncé toutefois est purement théorique, et l'observation patiente des faits peut seule faire distinguer les substances qui affectent les formes hémiédriques de celles qui prennent les formes oloédriques.

On peut déduire de cette loi générale les conclusions suivantes relativement aux formes oloédriques : 1° Les arêtes ou les angles solides de même espèce sont tous modifiés à la fois et de la même manière.

C'est-à-dire, que quand un cristal éprouve une modification sur une de ses arêtes ou sur un de ses angles solides, cette modification se répète sur toutes les autres arêtes ou sur tous les angles solides de même espèce, v. g. fig. 15 et 17.

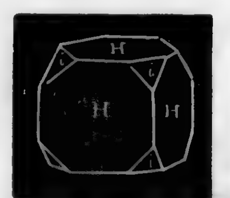


Fig. 17.

2° Les arêtes, ou les angles solides, d'espèces différentes sont modifiés différemment v. g. dans le prisme rhomboïdal, fig. 18, l'angle latéral obtus est modifié différemment de l'angle latéral aigu. 3° Lorsqu'une arête ou un angle solide sont formés par des plans de même espèce, les modifications produisent le même effet sur chacun de ces plans. Ainsi si une arête ou un pointement formés par des faces égales sont modifiés par une facette, cette facette sera également inclinée sur chacun des plans adjacents *i* fig. 17.

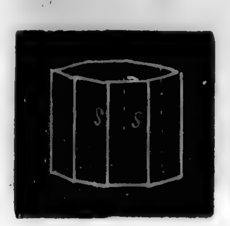


Fig. 18.

4° Enfin lorsqu'une arête ou un angle solide se trouvent formés par des plans dissemblables, les modifications produisent des effets différents sur chacun de ces plans. Ainsi la facette *a* qui remplacerait l'angle solide d'un prisme carré droit serait inégalement inclinée sur les faces latérales et sur la base du prisme, fig. 19.

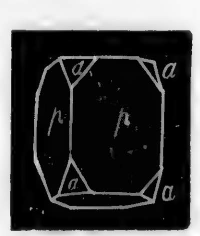


Fig. 19.

Dans les cas d'hémiédrie, voici comment se font les modifications considérées par

rapport aux parties *géométriquement* semblables des cristaux : ou les angles solides semblables ne sont modifiés que de deux en deux, *a* fig. 20 ; ou toutes les

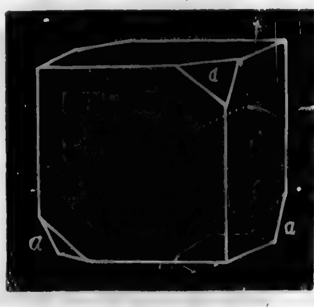


Fig. 20.

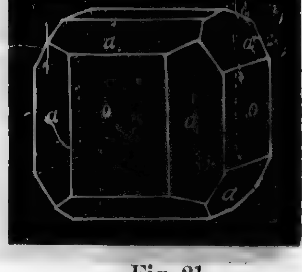


Fig. 21.

parties semblables sont modifiées, mais seulement par la moitié du nombre de plans nécessaire pour que la modification soit symétrique ou complète, *a* fig. 21.

On a constaté l'existence de ces formes hémiédriques dans la plupart des systèmes cristallins, nous nous contenterons d'étudier les principaux cas qui se rencontrent dans le système cubique et le système hexagonal.

Dans le système cubique un cas important d'hémiédrie est celui d'un cube dont les angles solides ne sont modifiés que de deux en deux, fig. 20. Si ces troncatures sont prolongées jusqu'à ce que les faces du cube primitif soient disparues on obtient un tétraèdre régulier, fig. 22. Cette forme hémiédrique se rencontre assez souvent, v. g. Boracite, Cuivre gris. Le second cas d'hémiédrie, dans ce système, est celui d'une modification sur les arêtes du cube, le plan modifiant étant inégalement incliné sur les faces voi-

sine, *a* fig. 21. Cette modification conduit au dodécaèdre pentagonal, fig. 23, v. g. Pyrite. On remarquera que les faces terminales du tétraèdre sont toutes inclinées les unes sur les autres, tandis que celles du

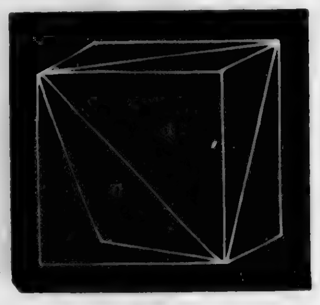


Fig. 22.

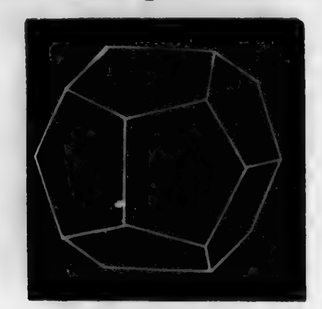


Fig. 23.

dodécaèdre pentagonal sont parallèles deux à deux. Cette circonstance a fait donner respectivement les noms d'hémiédrie *inclinée* et d'hémiédrie *parallèle* à ces deux modifications.

Dans le second système, le cas le plus remarquable d'hémiédrie est une modification du prisme hexagonal qui produit le rhomboèdre. Elle consiste à remplacer la moitié des arêtes ou des angles solides de la base du prisme par une troncature, *c* fig. 24 et 25. Suivant l'inclinaison de cette face modifiante sur le grand axe du cristal, le rhomboèdre sera aigu ou obtus. Cette forme, plus simple géométriquement que le prisme hexagonal droit, se

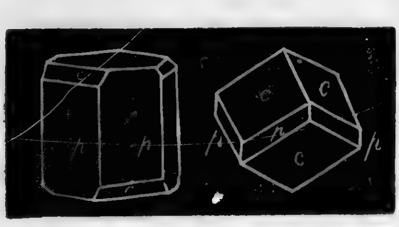


Fig. 24. Fig. 25.



rencontre aussi plus souvent. Le Calcaire, la Dolomie, l'Oligiste se trouvent en cristaux rhomboédriques et avec une grande variété de valeur d'angles.

Les autres systèmes cristallins ont aussi quelques cas d'hémiédrie, mais ils sont moins fréquents que ceux que nous venons de signaler ; nous n'en parlerons pas.

Loi de dérivation.—D'après ce que nous venons de voir, nous savons que les modifications qui atteignent les différentes formes terminales des cristaux ne se font pas au hasard. Quelque compliquées, quelque nombreuses que soient ces substitutions de formes, la symétrie générale n'est jamais détruite. De plus, si on examine les longueurs des axes interceptées par les faces d'un cristal, on se trouve en présence d'une loi fort simple et fort remarquable qu'Haüy avait appelée loi de décroissement, mais qu'on a désignée depuis du nom de loi de dérivation. En voici l'énoncé : Les différentes faces des cristaux vont couper les axes à des distances du centre qui sont entre elles dans des rapports simples. Par exemple, ces distances seront exprimées par les nombres 1, 2, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, etc. Dans le système cubique, comme les trois axes ont des longueurs relatives égales, ces chiffres indiquent à eux seuls l'inclinaison de la face modifiante. Mais lorsque le cristal appartient à un système dont les axes n'ont pas tous même longueur, à un système prismatique par exemple, alors il faut en tenir compte et l'expression générale d'une face modifiante est na, mb, pc, les quantités a, b, c représentant les dimensions relatives des différents axes ;

les coefficients n, m, p sont appelés *paramètres* de la face modifiante.

Ces symboles sont très employés pour caractériser les modifications. Ainsi une quelconque des faces primitives du cube aura pour expression :

$$1 : \infty : \infty.$$

Un plan unique modifiant une arête du même cristal sera désigné par :

$$1 : 1 : \infty.$$

tandis que : $1 : 2 : \infty$ pourra représenter la modification hémiédrique conduisant au dodécaèdre pentagonal et : $1 : 1 : 1$ une des faces de l'octaèdre, *i* fig. 17.

De même une des faces du prisme droit rectangulaire sera désignée par :

$$1a : \infty b : \infty c.$$

Une des faces du prisme droit à base rhombe par :

$$1a : 1b : \infty c.$$

Ces expressions ont été plus ou moins modifiées dans leur forme, mais nous en avons dit assez pour faire voir comment elles peuvent servir à caractériser les faces des cristaux.

Ces expressions mathématiques des faces modifiantes, peuvent se trouver par des calculs quelquefois très simples, quelquefois très compliqués. En voici un exemple. Supposons un prisme carré droit dont une des arêtes de la base est rempla-

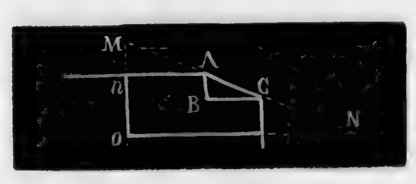


Fig. 26.

cée par une troncature, fig. 26. Pour connaître les paramètres de cette dernière, il suffit évidemment de résoudre le triangle ABC. En effet, en supposant O le centre du cristal, le rapport $\frac{ON}{OM}$ égale évidemment le rapport $\frac{BC}{AB}$. On mesure donc avec un goniomètre l'angle nAC, ce qui permet de connaître CAB. Puis on écrit :

$$\text{tang. CAB} = \frac{BC}{AB}$$

Il suffit donc de trouver la valeur de tang. CAB. Or on sait que cette valeur doit donner pour le rapport $\frac{BC}{AB}$ une expression simple. Supposons donc qu'on trouve tang. CAB = 1.999. Ce nombre étant très voisin de 2, on dit que la différence est due à des erreurs d'expérience et on écrit : tang. CAB = 2. L'expression de la face CA est donc :

$$1a : 2b : \infty c.$$

Connaissant les paramètres on peut renverser le calcul et chercher ainsi les angles mesurés directement avec le goniomètre. De là, dans les auteurs, la double série des angles mesurés et des angles calculés.

Avant de quitter cette question des modifications cristallines, notons un fait assez remarquable. C'est que lorsque, dans une masse de cristaux, l'un d'eux est modifié d'une certaine façon ou présente quelques particularités de structure, tous les autres partagent avec lui ses défauts ou ses qualités. Cette quasi-solidarité cristalline est un des faits qu'on peut constater directement tous les jours.

CHAPITRE DEUXIÈME.

Clivage.

Les cristaux réguliers ont la propriété de se séparer en fragments d'une manière toute différente des pierres ordinaires. Dans celles-ci la cassure n'a rien de régulier; tandis que l'on voit souvent un cristal se séparer en lames aussi régulières que les faces naturelles les plus parfaites. Cette propriété de se séparer ainsi en lames planes a reçu le nom de clivage. Plus le clivage est facile plus les plans sont nets et brillants.

Certaines espèces minérales n'auront qu'un plan de clivage, v. g. Mica, d'autres deux, v. g. Orthose, d'autres trois, v. g. Sel-gemme. Ces plans multiples de clivage, surtout si celui-ci est facile, donnent au minéral un aspect spécial, souvent caractéristique. L'existence de trois plans de clivage détermine un solide qu'Haüy appelait *noyau* ou *solide primitif*.

Les plans de clivage sont toujours parallèles à une face existante ou possible du cristal. Les clivages qui se font parallèlement à des faces cristallines semblables ont toujours un même éclat, et vice versâ, si les faces de clivage dans une même espèce ne sont pas également brillantes c'est un signe infaillible qu'elles correspondent à des faces cristallines dissemblables.

Le clivage est un excellent caractère spécifique. C'est lui qui donne au Mica son apparence feuilletée, au Feldspath son apparence prismatique. Il permet quelquefois de distinguer deux espèces différentes, que l'on pourrait confondre par l'ensemble des autres ca-

ractères extérieurs,v. g. la Topaze incolore et le Quartz hyalin ; la Topaze ayant un clivage éminent dans le plan de la base du prisme et le Quartz n'étant pas clivable du tout. La position, le nombre de ces clivages aident puissamment à déterminer le système cristallin auquel appartient le cristal étudié.

Le clivage est produit de plusieurs manières. On peut cliver en se servant de la lame émoussée d'un canife, en frappant avec un marteau sur l'échantillon à cliver, ou enfin en chauffant le cristal à une haute température et le jetant brusquement dans l'eau. Dans ce dernier cas, la dilatation et la contraction qui résultent de ces variations brusques de température, ont pour effet de faire fendiller le cristal, et si ces fentes se font de préférence dans une direction, c'est un signe qu'il y a là un sens de clivage possible.

CHAPITRE TROISIÈME.

Groupements des cristaux.

Il est très rare de rencontrer dans la nature les cristaux isolés et complètement libres. Le plus souvent ils sont implantés dans une gangue qui en masque une extrémité, ou bien encore, plusieurs sont groupés ensemble. Ces groupements sont de plusieurs espèces ; nous en verrons successivement les principales.

Groupements réguliers.—On donne ce nom les groupements qui se font suivant certaines lois définies. On dit qu'ils sont *directs* lorsque les côtés homologues des cristaux groupés restent parallèles. C'est de cette manière que les petits cristaux peuvent en se réunissant, donner naissance à des individus plus gros. Et de fait, pour peu qu'un cristal soit développé, on peut presque toujours voir sur ses faces latérales ou basiques des indices de groupements de cette nature. Les gros cristaux de Calcite, de Fluorine, de Quartz, en donnent de très beaux exemples.

Les groupements réguliers sont *inverses* si les faces homologues ne sont pas parallèles, ce qui ne les empêche pas de présenter souvent une symétrie fort remarquable. A ces groupements on donne plus particulièrement le nom de *macles*.

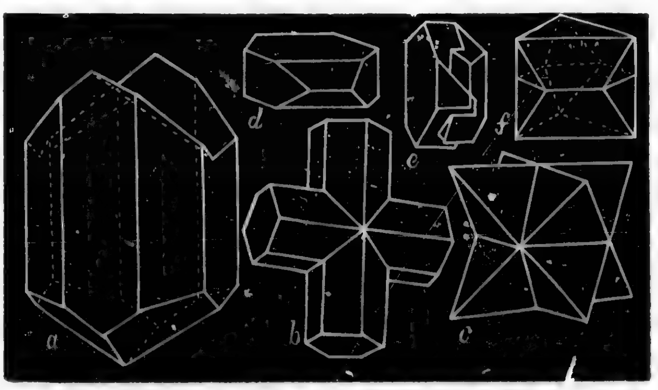
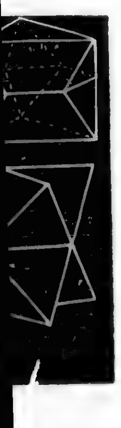


Fig. 27.

Lorsqu'on étudie le cas le plus fréquent des macles, c'est-à-dire, le groupement de *deux* cristaux, il arrive

souvent que les deux individus sont dans une position telle que l'un semble avoir tourné d'un certain angle (360°, 60°, 90°) autour d'un axe perpendiculaire au plan d'assemblage fig. 27 *a*, *e*. Quelque fois encore, l'apparence est celle que présenterait un cristal unique, coupé suivant un certain plan et dont une portion aurait tourné sur l'autre de la manière indiquée ci-dessus, fig. 27 *f*. Haüy a donné le nom *d'hémitropies* aux macles formés de cristaux qui ont tourné de 180° l'un par rapport à l'autre. Il appelait *transpositions* les macles à rotation de 60° ou 90°.

Le plan d'assemblage est, dans la plupart des cas, une face existante du cristal, ou pouvant exister par suite d'une modification assez simple. Il n'y a d'exception que pour quelques macles de cristaux anorthiques, ex. l'Albite.



Certains macles semblent être le résultat de deux cristaux ayant même centre de figure, mais dont l'un aurait tourné d'un certain angle, fig. 27*c* et 28. Nous donnons ci-dessus un certain nombre d'exemples de macles ; l'élève pourra s'exercer à trouver la forme cristalline des cristaux groupés, la position du plan d'assemblage et l'angle de rotation.

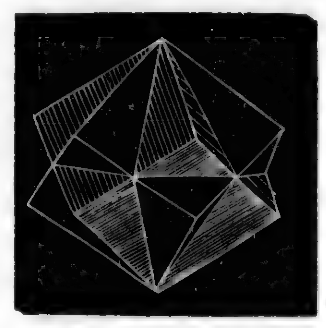


Fig. 28.

Dans la figure 27 *b*, les deux plans d'assemblage font un angle de 90°. Dans les cristaux de neige, dont les formes sont sou

vent si belles et si régulières, l'angle de ces plans est de 60°, aussi ces macles ont-ils la forme d'étoiles à six branches. Quelquefois on voit une masse de petits cristaux aciculaires groupés autour d'un point ou le long d'une ligne, ce qui produit des formes sphéroïdales ou cylindriques. Ces derniers groupements se rencontrent assez souvent dans la Pyrite de fer.

On reconnait ordinairement un macle à l'existence d'angles rentrants, caractère que ne présentent point les cristaux simples. Lorsqu'il n'y a point d'angles rentrants, dit M. Pisani, un groupement régulier de cristaux sera indiqué par un système de stries ou une suture au point de jonction des deux individus; ou bien par un défaut de symétrie dans les différentes parties du cristal composé, ou encore par le changement de direction des clivages au point de jonction des deux cristaux. Dans certains cristaux de quartz le groupement est une véritable compénétration mutuelle qui ne peut être révélée que par la lumière polarisée ou l'attaque à l'acide fluorhydrique. M. DesCloizeaux a trouvé ainsi que des cristaux de quartz en apparence très homogènes étaient formés de lames successivement dextrogyres et lévogyres superposées.

Avant de terminer l'étude du groupement il convient de dire un mot des *dendrites*. On désigne ainsi des arborisations qui se voient assez souvent entre les feuillets d'une substance schisteuse ou encore dans l'épaisseur même de ces feuillets. Dans le premier cas les dendrites sont superficielles, dans le second elles sont profondes. Quant à leur origine, elles sont dues à la solidification de dissolutions salines qui imprégnaient la pierre où on les trouve. Si cette soli-

dification a été lente la dendrite est cristalline, sinon elle est amorphe. Les agates mousse doivent leur nom à des arborisations de cette nature qui se trouvent à leur intérieur.

Enfin on appelle *druse* une masse de petits cristaux, pressés les uns contre les autres et recouvrant une surface quelconque. Ce n'est pas un groupement proprement dit, bien que l'on puisse dans certains cas reconnaître entre les axes ou les faces des différents cristaux un parallélisme remarquable.

CHAPITRE QUATRIÈME.

Imperfections des cristaux, Stries, Pseudomorphoses.

Les cristaux que nous avons supposés réguliers pour la détermination des systèmes cristallins, ne le sont pour ainsi dire jamais. Le développement de certaines faces aux dépens de leurs voisines leur enlève toute régularité et quelquefois cette déformation peut aller au point de faire ranger dans un système cristallin un individu qui en réalité appartient à un autre système. De plus ces faces sont quelquefois courbes et le cristal paraît grossièrement arrondi. Tel est le cas pour le Diamant, le Gypse et bon nombre de cristaux d'Apatite. Ailleurs on trouve les faces creusées en trémie ; exemple : le Sel-gemme, le Bismuth et certains échantillons de Fluorine.

STRIES.—Une autre espèce d'irrégularité qui se présente assez souvent, ce sont les stries. On donne ce nom à des rainures que l'on voit sur les faces des cristaux, fig. 29. Elles sont limitées par des faces parallèles à quelques faces primitives ou secondaires du cristal. Aussi la présence de ces stries est-elle regardée comme le signe d'une oscillation entre deux formes d'un même système. Envisagées de cette manière, les stries qui se voient sur les faces d'un cube de Pyrite de fer et qui ont trois directions rectangulaires, fig. 28, indiquent une oscillation entre le cube et le dodécaèdre pentagonal.

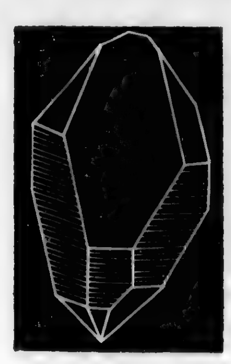


Fig. 29.

Les stries sont souvent un caractère spécifique des plus précieux. Telles sont celles qui sillonnent transversalement les faces latérales d'un prisme de quartz fig. 29. Lorsque les stries sont très fortes elles portent plus spécialement le nom de *cannelures*. Il ne faut pas confondre avec les stries, les lignes que l'on aperçoit quelquefois à la surface des cristaux, et qui ne sont que les traces de fissures de clivage existant à l'intérieur du cristal.

PSEUDOMORPHOSES.—On désigne ainsi certaines formes empruntées que présentent les minéraux. On rencontrera, par exemple, le Quartz en cristaux cubiques, la Limonite sous la forme des Pyrites.

Les pseudomorphoses sont de plusieurs genres : 1° Quelques cristaux, sous l'influence de diverses causes,

peuvent changer de composition sans changer de forme, et cela, (*a*) soit par la perte d'un des principes composants, exemple : le cuivre natif sous la forme de cuivre oxydulé ; (*b*) soit par l'addition d'un nouveau principe, exemple : Malachite sous la forme du cuivre oxydulé ; (*c*) soit par échange de certains éléments, exemple : Limonite sous la forme de Pyrite. 2° Quelquefois le cristal primitif disparait complètement et sa place est prise par une substance qui remplit la cavité, exemple : Gypse sous forme de Sel-gemme, Quartz sous forme de Fluorine. Quand ce remplacement se fait avec une grande lenteur, la nouvelle substance a exactement la même structure intérieure que la substance remplacée. C'est ainsi que l'on voit des bois se changer en Quartz, Opale ou Barytine, sans rien perdre de leur structure. 3° Un cristal est quelquefois recouvert par un autre minéral ; si par hasard ce cristal disparaît il laisse son moule en creux. Telle est l'origine des moules cubiques de Quartz ; la Fluorine qui les remplissait primitivement est disparue, laissant seul le Quartz qui la recouvrait.

Assez souvent il est difficile de dire à laquelle de ces espèces doit se rapporter une forme pseudomorphique en particulier. Des recherches consciencieuses, un examen attentif des différentes causes qui ont pu entrer en jeu peut seul guider l'observateur.

Irrégularités intérieures des cristaux. — La limpidité d'un cristal est quelquefois détruite par des matières colorantes qui s'y trouvent en assez grande quantité. On remarque que les matières étrangères sont souvent disposées en lames parallèles à quelques

faces du cristal, exemple : plusieurs variétés de Fluorine.

En outre beaucoup de cristaux renferment des particules solides ou des gouttelettes liquides, que le P. Renard désigne sous le nom générique d'enclaves. C'est Brewster qui a le premier attiré l'attention des microscopistes sur ces enclaves minérales, par son étude remarquable des enclaves des Topazes. Les liquides que renferment ainsi les cristaux sont ou bien de l'eau, ou bien des dissolutions salines ou même de l'acide carbonique liquide, comme dans beaucoup de cristaux de quartz. Les enclaves solides sont des particules souvent cristallines et susceptibles de détermination minéralogique, fig. 30 et 31. Rien de plus beau que ces petits cristaux disséminés quelquefois au hasard, quelquefois avec un ordre merveilleux dans les lames cristallines. Nous donnons ci-dessous, fig. 31, quelques exemples de ces enclaves que nous empruntons au P. Renard et à M. Rutley ; plusieurs de ces dessins, *a*, *b*, *c*, *d*, *g*, ont été faits par nous d'après nature.

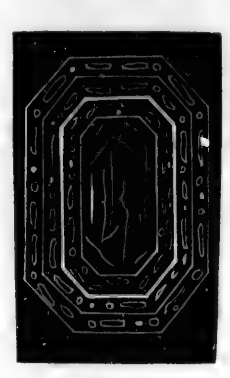


Fig 30.

La figure 30 représente une section d'un cristal de Pyroxène, renfermant une foule d'enclaves disposées avec une grande régularité.

La figure 31 *a* est une section d'Obsidienne. Un gros cristal ou fragment de cristal occupe le centre de la section. Il est le point de départ d'une foule de petits cristaux. De chaque côté se trouvent d'autres

petits cristaux isolés ou groupés trois à trois, quatre a quatre. C'est un bel exemple d'un commencement de cristallisation dans une masse amorphe. Gross. 50.

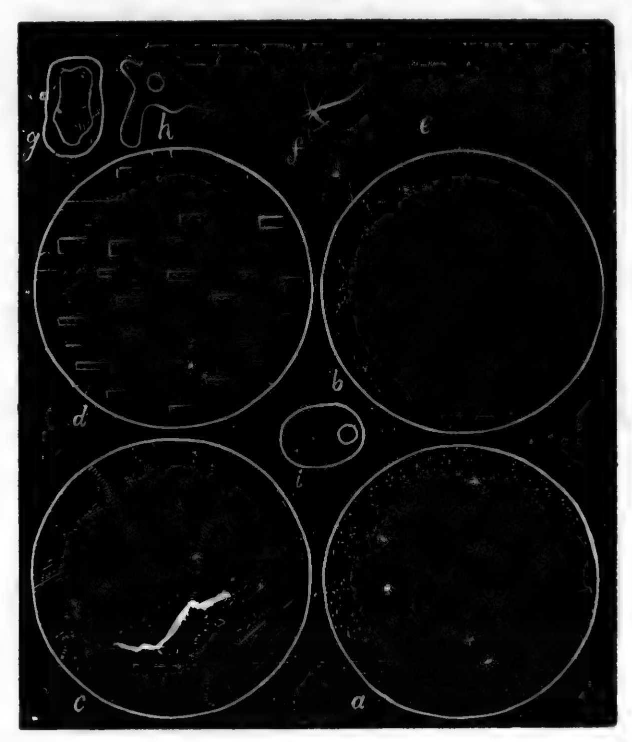


Fig. 31.

La figure *b* est une lame de Mica *astérisé*. Les petites lignes qui se croisent en tous sens sont de petits cristaux d'une excessive ténuité. Gross. 50.

La figure *c* est un fragment d'une roche hypersthénique qui laisse voir de petits cristaux feldspathiques

très réguliers. La section présente plusieurs compartiments, différant les uns des autres non par la composition chimique, mais uniquement par la disposition des parties composantes ou la nature des enclaves. Gross. 80.

En *d* est une section d'Apatite, riche en cristaux de même nature fixés obliquement dans la lame et coupés parallèlement à leur grand axe. Gross. 60.

Les figures *e* et *f* sont des arborisations observées par Rutley dans les obsidiennes, et des *trichites* (cheveux) que l'on aperçoit dans certaines roches en apparence homogènes. De même nous avons figuré en *i* et en *h* les enclaves, à peu près remplies de liquides, qui existent si nombreuses dans le quartz de certains granites. Ces deux dessins sont du P. Renard. Gross. 300.

Enfin en *g* est dessinée une des cavités qui se trouvent dans une masse éruptive située à St-Anselme. Le centre est du quartz et la surface de la géode est tapissée de petits cristaux rayonnant autour de certains points. Ces cristaux sont verdâtres, très probablement péridotiques. Gross. 10.

CHAPITRE CINQUIÈME.

Structure et formes irrégulières des minéraux, cassure.

Structure irrégulière.—On donne ce nom à la structure des substances qui ne se présentent pas en

cristaux bien distincts, mais dont la masse résulte de l'agrégation de masses plus petites ayant chacune leur structure propre. Telle est par ex. la structure du Grès, du Marbre, de l'Ardoise.

Cette structure offre une grande variété d'aspects dont quelques-uns ont reçu des noms. En voici les principales espèces :

La structure *grenue*, produite par la réunion de petits grains cristallins arrondis comme dans le Grès.

La structure *laminaire*, provenant de la réunion de lames cristallines ou de clivage. Lorsque ces lames sont très petites la structure est *lamellaire*. Elle est *écailleuse* si les lames se séparent facilement, ex. certains Micaschistes. La structure *saccharoïde* n'est peut-être qu'une variété de la structure laminaire, les facettes ou les cristaux sont très petits, ex. le marbre statuaire.

La structure *fibreuse* est celle qui résulte de la réunion de cristaux aciculaires comme dans plusieurs variétés de Gypse. Elle est *radiée* si plusieurs cristaux originent de centres communs, comme dans les Zéolites. Elle est *capillaire* si ces cristaux sont très facilement séparables, comme dans l'Asbeste.

La structure *compacte* est celle d'une masse qui, avec une cohérence assez forte des particules composantes, ne laisse voir aucun indice d'une structure spéciale, exemple : la pierre lithographique.

La structure *terreuse* provient de l'agglutination de grains ayant fort peu de cohérence ; le minéral reste pulvérulent, comme la Craie, l'Argile.

La structure *schisteuse* est celle des minéraux qui se séparent facilement en feuillets plus ou moins régu-

liers, ex. l'Ardoise. Dans certains cas les feuillets existent sans qu'on puisse les séparer : structure *stratiforme*.

On pourrait encore ajouter les structures *cellulaire* et *organique*.

Formes irrégulières et accidentelles.—Voici quelques-unes de ces form[illegible]s plus importantes à noter :

Nodules ou rognons. Ce sont des concrétions plus ou moins volumineuses, arrondies d'une manière irrégulière. Ils résultent de l'agglomération des particules de même nature, disséminées primitivement dans une substance étrangère. Voilà pourquoi on les trouve assez souvent formés de couches concentriques. Lorsqu'ils sont creux on les appelle *géodes*. Celles-ci sont souvent tapissées de magnifiques druses cristallines, ou sont à peu près remplies par des infiltrations qui se déposent en couches c[illegible]centriques d'une grande régularité et d'une rare b[illegible]. Telle est l'origine de la plupart des agates rubannées. Quelques géodes, les *pierres d'aigle*, contiennent un noyau de matière amorphe, libre à leur intérieur.

Formes globulaires. Mentionnons les *pisolithes*, globules de la grosseur d'un pois, formés de couches concentriques emprisonnant le plus souvent un petit fragment de substance étrangère. Les *oolithes*, globules extrêmement petits, de la grosseur des œufs de poissons, qu'on trouve libres ou aggrégés en masse compacte.

Mamelons. On donne ce nom à des masses dont la surface ne montre que des segments des globules ;

quand les globules sont très saillants et que le minéral ressemble à une grappe de raisin, on dit qu'il a la forme *botryoïdale*.

Stalactites. Concrétions légèrement coniques, produites par l'infiltration des eaux minérales à travers la voûte d'une grotte. L'évaporation de l'eau produit un dépôt de matière qui peu à peu s'allonge et prend la forme d'un cône. Leur structure peut être amorphe, radiée, cristalline. On appelle *stalagmites* les dépôts mamelonnés qui se forment sous les stalactites, grâce aux gouttes de liquide qui tombent une à une et s'évaporent sur le pavé de la grotte.

Enfin, pour clore la liste, mentionnons les *galets* ou cailloux roulés, dont les formes varient à l'infini.

Cassure.—La cassure est l'apparence que présentent les fragments d'un minéral cassé. Elle a nécessairement une grande relation avec la structure, aussi se désigne-t-elle le plus souvent de la même manière que celle-ci. Cependant aux différents genres de structures énumérés plus haut et qui donnent autant de cassures différentes, on peut ajouter la cassure *unie* qui se fait suivant des faces presque planes : pierre lithographique ; la cassure *rude* à surface recouverte de petites aspérités : Marbre statuaire ; cassure *écailleuse*, quand elle offre de petits fragments qui semblent prêts à se détacher : Agate ; cassure *conchoïdale*, à surface semblable à celle de certaines coquilles bivalves : Obsidienne.

CHAPITRE SIXIÈME.

Dureté, tenacité, friabilité, densité.

Dureté.—C'est la résistance qu'oppose les minéraux à se laisser rayer. Cette dureté est très variable. Pour faciliter la détermination du degré de dureté d'une substance, on se sert d'un certain nombre de minéraux, pris comme termes de comparaison et rangés par ordre de dureté croissante. C'est cet ensemble de minéraux types qu'on appelle échelle de dureté. Mohs a imaginé l'échelle suivante qui renferme 10 termes de comparaison. Les voici dans leur ordre de dureté croissante : 1. Talc ; 2. Gypse ; 3. Calcaire ; 4. Fluorine ; 5. Apatite ; 6. Orthose ; 7. Quartz ; 8. Topaze ; 9. Corindon ; 10. Diamant. Quelques minéralogistes se servent d'une autre échelle renfermant 12 espèces minérales et imaginée par Breithaupt. Ils intercalent l'Hornblende entre l'Apatite et l'Orthose, et le Mica entre le Gypse et le Calcaire.

Les numéros 1 et 2 sont rayés par l'ongle. Les cinq premiers numéros sont rayés par une pointe d'acier et le numéro 6 correspond à une dureté un peu supérieure à celle du verre à vitres. Si donc un minéral est rayé par l'ongle sa dureté est entre 1 et 2, s'il est rayé par l'acier tout en étant au-dessus de 2, sa dureté sera de 3 à 5, s'il raye le verre il est plus dur que 5. Ces moyens pratiques très faciles, sont quelquefois très utiles pour avoir des idées générales ur la plus ou moins grande dureté d'un minéral.

Dans ces essais il faut choisir une arête très vive ou des parties anguleuses et frotter à plusieurs reprises sur une partie bien plane du minéral qui doit servir de point de comparaison. Il est important de bien essuyer la surface frottée, avant de l'examiner à la loupe, car autrement on pourrait regarder comme provenant de la rayure la poussière que laisse un corps de dureté inférieure sur une surface de dureté plus grande. Il est encore bon de faire la contre-épreuve avec le même morceau, parce que deux minéraux de même dureté peuvent se rayer mutuellement si on les frotte assez fortement l'un sur l'autre.

Quelques cristaux sont plus durs sur une face que sur l'autre, ex. Disthène. Sur une même surface la dureté varie encore suivant qu'on l'essaye dans deux directions différentes. Pour terminer, disons qu'on ne doit pas attacher à ce caractère trop d'importance car il est susceptible de varier dans une même espèce.

Tenacité.—La tenacité est la résistance qu'oppose un minéral à se laisser briser par le choc. Certains minéraux très durs sont très fragiles et vice versâ. La *friabilité* est la propriété contraire à la tenacité. Les substances friables cèdent au moindre choc et tombent en poussière.

On pourrait joindre à ces propriétés la *ductilité* et la *flexibilité*, propriétés d'une importance tout à fait secondaire et dont on ne tient presque jamais compte.

Densité.—La densité est un des meilleurs caractères spécifiques. Aussi le minéralogiste y a-t-il recours chaque fois qu'il veut classer définitivement un miné-

ral. On sait que la densité d'un corps est le rapport du poids d'un certain volume de ce corps pesé à 0° au poids d'un égal volume d'eau pesé à 4° C dans le vide. Les méthodes décrites dans tous les cours de physique sont celles qui servent aux minéralogistes.

Nous en joindrons une autre que nous empruntons à M. Pisani et qui peut dans certains cas, surtout pour les roches, rendre de véritables services. On opère ici avec des morceaux pesant de une demi-livre à une livre.

Une cloche en verre, fig. 32, porte deux tubulures, une en *a* et l'autre latérale, on la renverse sur un trépied. A la tubulure latérale est adapté un tube recourbé et à l'ouverture d'en bas un tube à robinet *a*. On verse une certaine quantité d'eau dans la cloche et on marque au moyen d'une bande de papier *d* le niveau du liquide dans le tube latéral. Pour prendre la densité du minéral, on le pèse à une balance ordinaire, puis on le plonge dans le vase au moyen d'un fil assez mince; comme le niveau s'est élevé dans la cloche on fait écouler l'eau dans une éprouvette graduée en centimètres cubes, jusqu'à ce qu'on ait rétabli le premier niveau. Le volume qui se trouve dans l'éprouvette graduée donne en grammes le poids de l'eau déplacée et permet de calculer la densité.

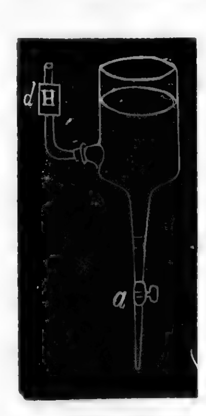


Fig. 32.

CHAPITRE SEPTIÈME.

Propriétés magnétiques, électriques et organoleptiques.

Propriétés magnétiques et électriques.—Les minéraux magnétiques sont ceux qui agissent sur l'aiguille aimantée. Il y en a très peu. Quelques minérais de fer sont à peu près les seuls à jouir de cette propriété. Toutefois certaines substances riches en fer agissent sur l'aiguille aimantée après qu'on les a chauffées au chalumeau. On appelle *aimants* les minéraux qui ont des pôles parfaitement localisés, et substances *magnétiques* celles qui agissent indifférement sur les deux pôles de l'aiguille aimantée.

De tous les caractères minéralogiques on peut dire que l'électricité est peut-être celui auquel on a recours le plus rarement. Le cas qui offre le plus d'intérêt est celui de minéraux s'électrisant chaque fois qu'ils changent de température. Cette propriété particulière a reçu le nom de *pyro-électricité.* La polarité électrique durant le refroidissement est toujours de nom contraire à celle de l'échauffement. La Tourmaline et la Calamine sont deux minéraux éminemment pyro-électriques.

Propriétés organoleptiques.—Elles sont de quatre sortes. 1° *Action sur le toucher.* C'est ainsi qu'on parle de minéraux *onctueux, gras* comme le Talc, *rudes* au toucher comme la pierre ponce. Les minéraux bons conducteurs de la chaleur produisent, lorsqu'on les touche, une impression de froid différente de celle des

mauvais conducteurs. Le Quartz paraît toujours plus froid que le verre.

2° Le *happement à la langue*. Certains corps adhèrent à la langue parce qu'ils absorbent l'humidité de de cet organe. On dit alors qu'ils *happent* à la langue, exemple : l'Ecume-de-mer, certaines Argiles.

3° *Saveur*. Caractère applicable uniquement aux substances solubles. On distingue la saveur *acide, piquante :* Sel ammoniac ; la saveur *salée :* Sel marin ; la saveur *fraîche :* Nitre ; la saveur *astringente :* Alun ; etc.

4° *Odeur*. Quelques minéraux ont une odeur propre : Soufre ; d'autres une odeur accidentelle, pouvant se manifester de diverses manières. Ainsi, quelques Calcaires donnent par le frottement une odeur fétide ; certains minéraux terreux donnent par l'insufflation une odeur argileuse.

CHAPITRE HUITIÈME.

Propriétés optiques.

On peut rapporter toutes les propriétés optiques à six titres principaux : l'éclat, la couleur, la transparence, la réfraction, la polarisation et la phosphorescence.

ECLAT.—C'est la manière spéciale dont un corps renvoie une espèce de rayons lumineux. Deux corps

pourront avoir la même couleur, c'est à dire, renvoyer à l'œil la même espèce d'ondes lumineuses et avoir cependant des éclats différents. Ainsi la Pyrite de fer et le Soufre sont jaunes tous les deux, mais leur éclat est bien différent.

On définit l'éclat d'un minéral en le comparant à l'éclat d'une substance bien connue. Tels sont: l'éclat métallique: métaux natifs, Pyrite; l'éclat métalloïde ou imparfaitement métallique: Anthracite, Hypersthène; l'éclat adamantin à reflets vifs et étincelants: Diamant; l'éclat vitreux: Quartz; l'éclat résineux, gras, nacré, etc. L'éclat *mat* est celui des minéraux qui n'ont pas d'éclat bien marqué. L'apparence en est sombre, terreuse.

Couleur.—Les principales couleurs sont bien définies; mais comme elles sont susceptibles de beaucoup de nuances, la couleur d'un minéral tire son nom de celle d'objets parfaitement connus. Ainsi on dit: jaune d'or, jaune serin, rouge carmin, rouge sang, rouge brique, gris de plomb, blanc d'argent, blanc de neige, vert émeraude, etc.

Plusieurs minéraux ont une couleur qui leur est propre et qui par conséquent est caractéristique: Soufre, Azurite. D'autres doivent leur couleur a des circonstances accidentelles et, dans ce cas, elle n'est plus un caractère spécifique, car dans une même espèce on trouvera un très grand nombre de teintes différentes; exemples: Fluorine, Apatite, Tourmaline.

Quelquefois on observe dans les minéraux des couleurs changeantes suivant le sens dans lequel on les regarde. Ce phénomène est dû soit à des lamelles ou

à des fibres qui se trouvent à l'intérieur, soit à des fissures, soit à des commencements d'altération. On dit alors que le minéral est chatoyant : Labradorite, Œil-de-chat, ou bien irisé : Opale, Oligiste.

La couleur de la poussière est souvent plus importante à connaître que celle de la masse. Le moyen qu'on emploie pour y arriver consiste à frotter le minéral sur un morceau de porcelaine dégourdie, ou bien à le racler avec un couteau ou une pointe de diamant.

On appelle *polychroïsme* la propriété qu'ont certains minéraux de présenter diverses teintes, suivant qu'on les regarde en différents sens : Epidote, certaines variétés de Fluorine.

Astérisme. On désigne sous le nom d'astérisme des formes étoilées que l'on voit lorsqu'on regarde un minéral dans certaines directions particulières, soit à la lumière réfléchie, soit à la lumière transmise. Cette particularité est remarquable dans quelques variétés de Saphire et dans des échantillons de Mica venant de South Burgess, fig. 29 *b*. Chez ce dernier l'astérisme est dû à la présence d'une foule de petits cristaux de mica bi-axe, suivant Des Cloizeaux, rangés symétriquement par rapport aux axes cristallographiques.

TRANSPARENCE.—Bon nombre de minéraux sont transparents lorsqu'ils sont purs. Le mélange de substances étrangères les rend translucides, puis complètement opaques si ces substances sont en assez grande proportion. Cependant tous les minéraux réduits en lames minces sont au moins translucides,

sauf les minérais des métaux lourds, qui, même dans une tranche excessivement mince, paraissent toujours complètement opaques.

Réfraction.—C'est surtout pour l'étude de la réfraction et de la polarisation de la lumière par les cristaux que la distribution des six systèmes en trois groupes offre de très grands avantages.

La réfraction est la déviation qu'éprouve un rayon lumineux par le passage d'un milieu dans un autre de densité différente. L'indice de réfraction est le rapport du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction. Enfin, il y a réfraction simple, si à un rayon incident correspond un seul rayon réfracté ; réfraction double, si à un rayon incident correspondent deux rayons réfractés. Cela posé, nous disons que dans les cristaux du premier groupe, il y a réfraction simple et indice de réfraction constant. Ces cristaux se comportent absolument comme les substances amorphes. Les cristaux du second groupe, ou à axe principal, sont biréfringents. L'un des rayons suit les lois de la réfraction simple, c'est le rayon ordinaire ; l'autre ne suit pas ces lois, c'est le rayon extraordinaire. On constate facilement la double réfraction dans un rhomboèdre de Spath d'Islande, en le posant sur une feuille où l'on a tracé une ligne noire ; cette ligne paraît double, et les images sont d'autant plus écartées que le cristal est plus épais. Quand l'indice de réfraction du rayon extraordinaire est plus grand que celui du rayon ordinaire, le cristal est dit *positif*, il est *négatif* quand le contraire a lieu.

On appelle axe optique dans une substance biréfringente, toute direction où les deux rayons réfractés ne se séparent pas, toute direction suivant laquelle la réfraction est simple. Dans les cristaux du second groupe, il y a un axe optique qui se confond avec l'axe principal de cristallisation.

Dans les cristaux du troisième groupe, la réfraction est toujours double, mais des deux rayons réfractés aucun ne suit régulièrement les lois de Descartes ; les deux sont donc extraordinaires. On rencontre dans ces cristaux deux axes optiques qui font entre eux un angle pouvant varier de quelques minutes à près de 90°. En général, cet angle est constant pour une même espèce minérale.

Polarisation.—Pour l'étude des propriétés polarisantes des minéraux, on se sert des divers systèmes d'analyseurs et de polarisateurs qui sont décrits dans les traités de physique. Tels sont : l'appareil de Noremberg, la pince à tourmaline, le microscope polarisant, etc.

Tous les corps du premier groupe ne polarisent qu'incomplètement la lumière. Ils agissent absolument comme le verre et autres substances amorphes. Au contraire, tous les cristaux biréfringents polarisent complètement la lumière: Les deux rayons réfractés sont toujours polarisés et à angle droit. De là un moyen bien simple de s'assurer si une substance est ou n'est pas biréfringente. On l'introduit entre l'analyseur et le polarisateur d'un appareil quelconque, ceux-ci étant croisés: si le champ reste obscur, quelle que soit la position de la lame interposée, celle-ci est mo-

noréfringente ; si le champ s'illumine, la substance est biréfringente.

De plus, quand on regarde avec un analyseur, de la lumière polarisée qui a traversé, suivant un axe optique, une lame biréfringente appartenant à un cristal du second groupe, on voit une série d'anneaux concentriques circulaires, traversés par une croix qui est noire, si les plans de polarisation de l'analyseur et du polarisateur sont rectangulaires, et blanche si ces plans coïncident. C'est là un moyen sûr de reconnaître les minéraux qui appartiennent au système hexagonal ou quadratique. Les cristaux qui se comportent ainsi sont dits cristaux *à un axe*.

Dans le troisième groupe, le phénomène qu'on observe en regardant un rayon polarisé, comme nous l'avons indiqué pour les cristaux du deuxième groupe, est un peu différent. C'est un système d'anneaux elliptiques, traversés par une barre noire ou blanche, suivant la position relative de l'analyseur et du polarisateur. Lorsque les deux axes optiques font un angle tellement faible qu'on peut embrasser à la fois ces deux axes dans le champ de vision, les systèmes d'anneaux de chacun d'eux empiètent l'un sur l'autre, il en résulte une lemniscate traversée par deux branches d'hyperboles. Selon la position de l'analyseur et du polarisateur, ces branches seront distinctes, ou se toucheront par leur milieu pour former comme une croix à bras inégaux. La présence de deux axes optiques dans les cristaux du troisième groupe leur fait donner le nom de cristaux *à deux axes*.

Les substances biréfringentes, mises entre l'analyseur et le polarisateur, non seulement transmettent la lumière, mais encore la colorent en teintes qui sont souvent d'une grande richesse. Le microscope polarisant peut ainsi servir à identifier des espèces minérales par l'examen de leurs propriétés optiques, vu qu'il permet de trouver le système cristallin auquel elles appartiennent.

On peut de cette manière distinguer assez facilement les feldspaths orthoclases des feldspaths plagioclases, distinction très difficile à établir autrement, à moins de recourir à l'analyse chimique.

Polarisation rotatoire. On a remarqué que certaines substances font tourner à droite ou à gauche le plan de polarisation d'un rayon de lumière polarisée qui les traverse dans la direction de leur axe optique. De là la distinction entre cristaux *dextrogyres* et *lévogyres*. Le Quartz est à la fois dextrogyre dans certains échantillons, et lévogyre dans d'autres. On donne à ce phénomène le nom de *polarisation rotatoire*. C'est ce qui fait qu'une plaque de Quartz, bien qu'appartenant au second groupe cristallin, ne laisse voir de croix dans la lumière polarisée, qu'à la condition d'être très mince.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PROPRIÉTÉS RÉFRINGENTES ET POLARISANTES DES MINÉRAUX.

	Réfraction.	*Polarisation.*
I GROUPE.	Réfraction simple. Indice constant.	Polarisation partielle, comme dans les substances amorphes.
II GROUPE.	Réfraction double. Un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire. Un axe optique.	Les deux rayons réfractés complètement polarisés à angle droits. Anneaux colorés traversés par une croix noire ou blanche.
III GROUPE.	Réfraction double. Deux rayons extraordinaires. Deux axes optiques dont l'angle varie d'une espèce à l'autre.	Polarisation complète des deux rayons réfractés comme dans le II Groupe. Anneaux elliptiques traversés par une ligne courbe, noire ou blanche.

CHAPITRE NEUVIÈME.

Dilatabilité, conductibilité.

DILATABILITÉ.—En donnant plus haut l'énoncé de la loi de Romé de Lisle relative à la constance des angles, on a ajouté que les découvertes de Mitscherlich ont prouvé que ces angles ne sont rigoureusement constants, dans les formes qui admettent différentes valeurs d'angle, qu'à la condition de les mesurer à la même température. La cause en est que

plusieurs cristaux ne se dilatent pas également dans tous les sens. Certains axes cristallographiques se dilatent plus que les autres. Dans les cristaux du premier groupe toutefois la dilatation est parfaitement régulière; mais dans ceux du second et du troisième groupe, l'allongement est irrégulier. Cette différence dans la dilatation est toujours très petite. Pour un rhomboèdre de calcaire, Mitscherlich a trouvé une différence de 8′ 37″ entre les angles mesurés à 0° et à 100°.

Conductibilité.—Le pouvoir conducteur des cristaux est soumis à des variations analogues, jusqu'à un certain point, à celles de la dilatation. Dans les cristaux du premier groupe, en supposant que l'on chauffât le centre du cristal, la surface de l'onde thermique serait celle d'une sphère régulière. Dans ceux du second groupe, la chaleur se propage plus facilement dans certaines directions, ce qui donne à l'onde thermique la forme d'un ellipsoïde de révolution. Dans ceux du troisième groupe, l'onde thermique a la forme d'un ellipsoïde à trois axes inégaux. L'onde thermique a toujours même forme que l'onde lumineuse, et les rayons de chaleur sont polarisés comme les rayons lumineux.

Pour étudier cette conductibilité des minéraux, on taille des lames cristallines suivant différentes directions, on les recouvre d'une mince couche de cire vierge, on chauffe le centre au moyen d'une broche métallique et on examine si la couche de cire fond également vite dans tous les sens. On voit ainsi que la fusion se fait en [illegible] cercle ou d'ellipse suivant

le système du cristal qui a fourni la lame et suivant le sens dans lequel elle a été taillée.

M. Jannettaz, qui s'est occupé beaucoup de cette question dans ces derniers temps, a démontré que, dans les cristaux clivables du deuxième et du troisième groupe, le grand axe de l'ellipse est toujours parallèle au plan du clivage le plus facile.

LIVRE DEUXIÈME.

MINÉRALOGIE CHIMIQUE.

Propriétés chimiques.—Parmi les éléments reconnus en chimie, quelques-uns se trouvent parfois à l'état natif, par ex., le Soufre, le Fer, le Cuivre, etc.; mais le plus souvent, ces éléments sont combinés en diverses proportions. Et alors, vu la grande variété de circonstances où se trouvent les minéraux dans la nature, il est très rare que ces combinaisons présentent la même netteté et la même simplicité qu'elles ont dans les laboratoires. De là pour le minéralogiste une double difficulté : celle de déterminer la composition du minéral et celle de le classer. Lorsque plusieurs minéraux sont mélangés mécaniquement, il suffirait d'isoler chacun des composants et d'en faire l'analyse séparément, mais cela est souvent impossible.

Dans tous les cas, l'étude de la composition chimique des minéraux comprend deux phases. Une première, l'analyse *qualitative,* où il s'agit de savoir quels sont les éléments combinés ensemble; une seconde, l'analyse *quantitative,* où l'on recherche les proportions relatives de ces éléments. La première suffit le plus souvent s'il s'agit d'un minéral déjà connu. Il faut avoir recours à la seconde, si on trouve une com-

position qualitative nouvelle, ou si on observe dans un minéral des propriétés physiques ne correspondant pas à celles d'une espèce déjà décrite.

CHAPITRE PREMIER.

Analyse qualitative par voie sèche.

Ces essais sont de la plus haute importance, car ils permettent de déterminer en quelques instants à l'aide de réactifs peu nombreux, les éléments d'une foule de minéraux. Nous empruntons les détails suivants, en grande partie, à l'excellent ouvrage de M. Pisani.

Les instruments nécessaires pour ces essais sont : un chalumeau, une pince à bouts de platine, des fils de platine, une cuiller de platine, une lame de platine, un marteau, un mortier d'agate, un tas en acier, des tubes de verre, des verres de montre, un barreau aimanté, une loupe, un verre bleu coloré par le cobalt. * Quant au combustible, on peut employer une bougie, une lampe à alcool ou mieux le gaz d'éclairage ordinaire.

Les réactifs sont : borax, sel de phosphore, soude, nitre, cyanure de potassium, bisulfate de potasse, nitrate de cobalt, acide sulfurique, acide chlorhydique,

* Il serait à souhaiter que le Professeur mît sous les yeux de ses élèves ces divers objets, en leur indiquant plus en détail l'usage que l'on en fait.

fluorure de calcium, fluorure d'ammonium, chlorure de calcium, oxyde de cuivre, papier de tournesol et de curcuma. Dans l'analyse au chalumeau, on commence par essayer la fusibilité, puis on procède aux différents essais énumérés plus loin.

Quand on dirige le courant d'air du chalumeau sur une flamme, celle-ci est déjetée de côté, fig. 33. Cette flamme, plus chaude que la flamme d'une bougie ordinaire, renferme deux parties distincte, une zône extérieure *o*, d'un bleu très pâle, dans laquelle se fait la combustion des vapeurs combustibles de la bougie au contact de l'oxygène de l'air. C'est la flamme *oxydante*. En dedans est un cône plus court *r*, d'un bleu plus foncé, dans lequel l'oxygène de l'air n'a pas accès. Il est formé uniquement des vapeurs combustibles, qui sont chauffées à une haute température. Le carbone, l'hydrogène de ces vapeurs réduisent les oxydes métalliques qu'on plonge dans cette partie de la flamme. Voilà pourquoi on l'a appelée flamme *réduisante*.



Fig. 33.

Pour apprécier le degré de fusibilité d'un minéral, M. Kobell a imaginé une échelle de fusibilité analogue à l'échelle de dureté et qui se compose des six minéraux suivants : 1. Stilbite, 2. Mésotype, 3. Grenat almandin, 4. Actinote, 5. Orthose, 6. Bronzite. Les deux premiers fondent dès qu'on les introduit dans la flamme ; le troisième fond même en fragments assez gros sous l'action du dard du chalumeau ; le quatrième et le cinquième ne

fondent qu'en éclats très minces ; le sixième *s'arrondit* à peine à la pointe des éclats les plus minces.

Pour étudier la fusibilité d'un minéral, on en prend un éclat très mince entre les extrémités des pinces de platine, et on observe si la fusion a lieu et de quelle manière elle se fait ; si c'est tranquillement ou avec boursouflure, bouillonnement ; si la masse fondue a l'aspect d'un verre, d'un émail ; si elle est bulbeuse ; si elle change ou non de couleur, etc. Puis on passe aux essais suivants.

Essais dans le matras.—On laisse tomber la matière à étudier au fond du matras, puis on chauffe graduellement dans la flamme seule et enfin à l'aide du chalumeau. On observe s'il y a dégagement d'eau, ce qui arrive pour les hydrates. A l'aide du papier à réactif on voit si cette eau est neutre, acide ou basique. On remarque encore s'il se dégage des gaz, et quels ils sont. Quelquefois il y a formation d'un sublimé. On remarque avec soin la nature de ce sublimé.

Certaines combinaisons d'arsenic, d'antimoine, de mercure, de tellure, de sélénium, le soufre ainsi que les sels d'ammoniaque, donnent des sublimés ordinairement caractéristiques par leur couleur ou leur aspect. Les matières organiques donnent aussi des sublimés liquides ou solides, ordinairement avec des dépots de charbon. Pour avoir le sublimé de mercure ou d'arsenic, il faut souvent mélanger la matière avec de la soude. Pour certains composés arsénicaux, il suffit d'ajouter une esquille de charbon. On reconnait les azotates en les chauffant avec du bisulfate de potasse ; il y a dégagement de vapeurs rutilantes. L'ammoniaque se reconnait à son odeur caractéristique qui devient sensible lorsqu'on chauffe le composé avec un fragment de potasse.

Essais dans le tube ouvert.—Ce tube peut avoir quatre ou cinq pouces, il est légèrement courbé au milieu. C'est dans cet endroit qu'on met la substance à examiner et on chauffe. L'odeur qui se dégage est souvent caractéristique. Odeur sulfureuse : sulfures ; odeur d'ail : arséniures ; odeur de raifort : séléniures. Il se forme encore un sublimé qu'il est important de bien examiner.

Essais sur le charbon.—On ne se sert que de charbon de bois. Il doit être compact et parfaitement cuit. Au moyen d'une fraise ou d'un couteau, on y pratique une petite cavité où l'on met la substance à essayer. Puis on chauffe graduellement en notant scrupuleusement tous les phénomènes.

La matière fondra ou restera infusible. On remarquera si elle change de couleur, si elle dégage une odeur, si elle devient alcaline dans le feu de réduction. Les oxydes de fer donnent une masse qui agit sur une aiguille aimantée. La couleur de l'enduit qui entoure l'essai est aussi caractéristique. Jaune à chaud, blanc à froid : zinc ; jaune brun : cadmium ; jaune avec grain métallique malléable : plomb ; jaune, grain métallique cassant : bismuth ; blanc, grain métallique cassant : antimoine ; grain métallique sans enduit : or, argent, étain.

Essais à la soude.—On opère comme ci-dessus après avoir ajouté un peu de soude desséchée à la substance à essayer. Les réactions que nous venons de décrire se font alors beaucoup plus facilement.

De plus le manganèse donne une masse verte ; le chrome et le vanadium, une masse jaune. Cette réaction se fait mieux en ajoutant un peu de nitre et en chauffant sur une lame de platine ou

dans une coupelle d'os. Les sulfates donnent toujours un hépar qui tache en brun une lame d'argent humectée d'une goutte d'eau. La soude sert encore à désagréger les silicates dans la cuiller de platine.

Essais par la coloration de la flamme.—On prend la matière en éclats minces avec les pinces à bout de platine, ou, lorsqu'elle est en poudre, avec un fil de platine, et on chauffe à l'extrémité de la flamme de réduction. On remarque avec précaution la teinte que prend la flamme. On regarde tantôt à l'œil nu, tantôt à travers un verre de cobalt.

Coloration rouge.—Strontiane, chaux et lithine, surtout si, après avoir chauffé fortement, on humecte d'une goutte d'acide chlorhydrique. Si ces bases sont mélangées, on voit la coloration rouge jaunâtre de la chaux d'abord, puis la teinte pourpre de la strontiane ensuite. Un verre bleu de cobalt absorbe les colorations de la chaux et de la lithine, mais laisse voir celle de la strontiane.

Coloration jaune.— Soude ; coloration invisible à travers le verre bleu.

Coloration verte.—Les minéraux de baryte, chauffés très fortement et en très petite quantité à l'extrémité de la flamme réduisante, donnent une teinte vert jaunâtre, une goutte d'acide chlorhydrique favorise la réaction. Les minéraux cuivreux donnent une coloration vert d'émeraude ; s'il y a du chlore en présence, on obtient une coloration d'un bleu bordé de pourpre. Les phosphates humectés d'acide sulfurique et présentés à la flamme, de manière à en toucher à peine les bords, donnent une coloration d'un vert bleuâtre très pâle. Pour les borates, on humecte d'acide sulfurique et on introduit dans la flamme sans souffler : coloration vert d'émeraude.

Coloration bleue.—La chlorure de cuivre colore la flamme en bleu bordé de pourpre. Cette propriété sert à faire reconnaître

la présence du chlore dans un minéral. On sature d'oxyde de cuivre une perle de sel de phosphore, en ajoutant la matière chlorée on obtient la coloration du chlorure de cuivre. Les iodures, traités de la même manière, donnent une coloration vert d'émeraude, et les bromures une coloration bleu verdâtre, difficile à définir.

Coloration violette.—Les sels de potasse ; mais il faut regarder la flamme avec le verre bleu pour se débarrasser de la coloration de la soude qui existe presque toujours.

Essai des silicates.—Pour les silicates qui contiennent souvent plusieurs bases terreuses et alcalines, les couleurs caractéristiques ne sont pas visibles facilement. Il faut commencer par chauffer le silicate dans la cuiller de platine avec du fluorure d'ammonium, pour volatiliser le silicium : la masse restante, humectée d'acide chlorhydrique, donnera les réactions. La coloration violette due à la potasse est d'une sensibilité extrême. Si le minéral contient de la lithine, on verra à l'œil nu la coloration rouge, puis au verre bleu la teinte pourpre de la potasse. Le chlorure de calcium ou de baryum peut remplacer le fluorure d'ammonium ; il suffit de faire un mélange du silicate et d'un de ces réactifs, de le prendre à l'extrémité d'un fil de platine et de l'introduire dans la flamme, même sans souffler, pour voir après quelques instants la coloration de la potasse. Ordinairement, le plus simple est d'humecter à plusieurs reprises le silicate avec une solution concentrée de chlorure de calcium et de l'introduire dans la flamme. Pour reconnaître l'acide borique, on chauffe le silicate, sur un fil de platine, avec un mélange de spath-fluor et de bisulfate de potasse ; on obtient alors une coloration vert d'émeraude.

Essais au borax.—On fait une perle de borax à l'extrémité d'un fil de platine recourbé, puis on y dissout une *petite* portion de la substance à essayer. On doit observer avec soin les couleurs de la perle

dans la flamme d'oxydation et de réduction, à chaud et à froid.

Voici les couleurs les plus caractéristiques. Minérais de fer: jaune plus ou moins foncé dans la flamme d'oxydation et vert bouteille dans la flamme de réduction. Minérais de manganèse: violet dans la flamme d'oxydation et incolore dans la flamme de réduction. Composés de chrome et de vanadium: vert dans les deux flammes. Cobalt: bleu dans les deux flammes. Urane: jaune dans la flamme d'oxydation, vert à la flamme de réduction. Composés de cuivre: bleu à la flamme d'oxydation, rouge opaque à la flamme de réduction.

Le sel de phosphore donne des perles à peu près semblables au borax, sauf le vanadium qui donne une perle jaune à la flamme oxydante, et l'urano une perle verte à la flamme oxydante. Le silice ne se dissout pas dans ce sel, mais laisse un squelette qui nage dans la perle.

Le nitrate de cobalt peut servir pour la détermination des bases terreuse. On humecte ces bases d'une goutte d'une dissolution de ce sel et puis on chauffe fortement.

L'alumine bleuit, la magnésie devient couleur de chair, et l'oxyde de zinc donne une masse verte. Ces réactions ont encore lieu avec plusieurs combinaisons de ces oxydes.

Le spectroscope peut rendre de très grands services, surtout pour la détermination des métaux alcalins.

Dans le cas des silicates, il faut commencer par éliminer la silice à l'aide du fluorure d'ammonium, puis on humecte d'acide chlorhydrique. Comme les chlorures ne sont pas également volatils, on voit successivement les spectres des différents métaux. Signalons en passant les raies caractéristiques de ces métaux alca-

lins. *Soude*, une raie jaune. *Chaux*, une raie verte et une raie rouge. *Lithine*, une seule raie rouge, plus éloignée que celle de la chaux. *Potasse*, une raie d'un rouge sombre, plus éloignée que celle de la lithine. *Strontiane*, une raie orangée très près de la raie du sodium, plusieurs raies rouges, une ligne bleue. *Baryte*, série de lignes vertes, très serrées les unes contre les autres. D'ailleurs le micromètre que porte tout spectroscope, permet de localiser rigoureusement ces lignes par rapport à la raie du sodium qui sert toujours de point de repère.

CHAPITRE DEUXIÈME.

Essais par voie humide.

Cette espèce d'analyse étant particulièrement du ressort de la chimie, nous en dirons peu de chose. Elle se pratique au moyen de réactifs liquides ou dissouts, qu'on fait agir sur la substance préalablement dissoute dans un liquide approprié. L'examen de l'action de l'eau sur le minéral, de l'action des acides, pourra rendre de grands services. On devra remarquer encore de quelle manière le minéral se dissout dans les acides, s'il y a effervescence, formation de gelée, etc.

Les fluorures se reconnaissent facilement en ce qu'ils laissent dégager l'acide fluorhydrique sous l'action de l'acide sulfurique.

Avec les tellurures, l'acide sulfurique donne, lorsqu'on chauffe doucement, une liqueur pourpre ou couleur hyacinthe, qui, par l'addition de l'eau, se décolore avec formation d'un précipité gris noir de tellure.

L'acide phosphorique sirupeux donne avec les tungstates une réaction très caractéristique. On chauffe les tungstates avec cet acide jusqu'à ce qu'il commence à émettre des vapeurs, on obtient un sirop d'un bleu foncé qui se décolore par l'addition de l'eau ; en ajoutant alors de l'étain ou du fer en poudre, la coloration reparaît. Avec les minérais de manganèse, on obtient un sirop d'un beau violet, que le manganèse soit à l'état de protoxyde, ou de sesquioxyde. Lorsqu'il y a du protoxyde, la masse est incolore et devient violette par l'addition de l'acide azotique et en chauffant de nouveau. C'est là le meilleur moyen pour reconnaître le degré d'oxydation de ce métal.

Les minéraux qui résistent aux acides peuvent être attaqués par la fusion avec le carbonate de soude, au creuset de platine, ou avec la potasse au creuset d'argent. On reprend ensuite par l'acide chlorhydrique, sauf le cas des sulfures terreux que l'on traite par l'eau ; on élimine la silice en évaporant à sec et en reprenant par l'eau acidulée, dans le cas des silicates. Enfin certains minéraux ne peuvent être attaqués qu'au bisulfate de potasse, et les composés de carbone ne s'attaquent que par la fusion avec le nitre qui les change en carbonate de potasse.

CHAPITRE TROISIÈME.

Analyse quantitative.

Cette analyse est extrêmement délicate et exige une grande pratique. Nous n'en dirons rien, renvoyant ceux qui désireraient se livrer à ce genre de recherches, aux traités spéciaux écrits sur cette matière.

Nous signalerons en terminant le système d'annotation employé souvent en minéralogie pour écrire les formules chimiques.

L'oxygène se représente par un point que l'on met au-dessus de l'élément oxygéné. Si ce gaz entre pour deux équivalents dans la combinaison, on mettra deux points. Ainsi, au lieu d'écrire CaO, CO, CO^2, on écrira $\dot{\mathrm{Ca}}$, $\dot{\mathrm{C}}$, $\ddot{\mathrm{C}}$. Le soufre se représente par une virgule que l'on place comme le point de l'oxygène, $\mathrm{Fe\,S^2} = \overset{,,}{\mathrm{Fe}}$. Dans le cas des sesquioxydes, des sesquisulfures, le symbole du métal est traversé par une barre. $\mathrm{Al^2O^3} = \overset{\cdots}{\not{\mathrm{Al}}}$. $\mathrm{Fe^2S^3} = \overset{,,,}{\not{\mathrm{F}}\mathrm{e}}$.

LIVRE TROISIÈME.

MINÉRALOGIE DESCRIPTIVE.

Classification.

Tout arrangement méthodique qu'on peut faire entre différents corps est appelé classification. Ces arrangements consistent d'abord à réunir les substances en groupes étendus, grâce à des caractères généraux, puis à diviser ces groupes en d'autres plus petits, à l'aide de propriétés plus particulières; de telle sorte qu'après une série quelconque de divisions et de subdivisions, on arrive à un groupe assez restreint, dont les parties composantes se ressemblent dans leurs principaux caractères, et qu'on appelle *espèce*. On donne le nom de *genre* à la réunion de plusieurs espèces voisines. Plusieurs genres réunis constituent une tribu ; puis à un degré supérieur, sont placées les familles et les classes.

En minéralogie on peut dire qu'il n'y a pas de classification généralement adoptée. Chaque auteur suit le système qui lui va le mieux. C'est à peine s'il y a entente sur la définition de l'espèce.

Espèces.—Beudant, se fondant sur ce que des corps qui diffèrent chimiquement ne peuvent évidemment pas être de même espèce, avait défini l'*espèce :* la col

lection des minéraux de même composition chimique, *i. e.*, composés des mêmes éléments et en même proportion. Mais cette définition, prise au pied de la lettre, est défectueuse ; car, suivant elle, l'Arragonite et la Calcite seraient de même espèce ; il en serait de même des minéraux Brookite, Rutile et Anatase. Comme ces espèces ne diffèrent que par l'arrangement de leurs molécules, il faut donc ajouter à la définition de Beudant la condition que les molécules réunies se trouvent arrangées entre elles de la même manière. Or, dans l'étude de la constitution des corps, on voit qu'assez souvent les molécules chimiques d'un corps se groupent ensemble deux à deux, trois à trois, pour former comme une seconde molécule qui a les mêmes propriétés chimiques que les molécules composantes, mais qui peut avoir des propriétés physiques différentes, et qu'on appelle pour cela molécule physique. De là on peut définir l'espèce minéralogique : *l'ensemble des corps qui ont même molécule chimique et même molécule physique*.

Les caractères distintifs des espèces sont très nombreux, mais on peut mentionner en première ligne, la forme et la structure régulière, les couleurs propres, la réfraction simple ou double, la densité et la composition chimique.

Variétés.—Les espèces minéralogiques sont peu nombreuses, mais en revanche, les variétés le sont beaucoup. Celles-ci sont fondées sur des differences dans les propriétés physiques secondaires, comme les formes accidentelles, la structure irrégulière, la transparence, la ténacité, l'odeur, etc. Quelquefois encore,

elles sont constituées par des mélanges de substances étrangères. Si la substance mélangée est en petite quantité, on a une variété *souillée*, par ex., Quartz enfumé, la fausse Topaze. Si la substance étrangère est en grande quantité, la variété est plus spécialement dite variété de mélange, par ex., le Silex, la Calcédoine, par rapport au quartz. Dans certains cas même, le mélange présente un tel degré de constance qu'on en a fait comme une espèce véritable ; exemple : le jaspe, qui, pour plusieurs minéralogistes, est une espèce voisine, mais distincte, du quartz.

Dans quel ordre énumérer ou grouper les espèces ? Les uns les groupent suivant les bases, les autres suivant les acides. La première méthode a plusieurs avantages au point de vue de l'étude pratique des minéraux ; mais il est presque impossible de classer les silicates de cette manière, à cause du très petit nombre d'éléments qui, réunis de diverses manières, forment ces minéraux si variés. La seconde manière semble plus logique, et d'après Beudant, Delafosse, et MM. DesCloizeaux, Adam et Pisani, nous classerons les espèces d'après le principe acide.

Relativement aux silicates, en désignant par R le métal quelconque de la base, nous verrons d'abord les silicates de R^2O^3 anhydres et R^2O^3 hydratés, puis les silicates de RO anhydres et de RO hydratés, puis les silicates de $R^2O^3 + RO$ anhydres et de $R^2O^3 + RO$ hydratés, enfin ceux qui contiennent d'autres éléments négatifs comme fluor, soufre, chlore, etc.

CLEF ANALYTIQUE.

Cette clef a été faite uniquement pour permettre à l'élève de déterminer facilement et avec un petit nombre de réactifs, les espèces minérales qui se rencontrent le plus souvent en Canada et qui ont une importance réelle, soit à cause de l'usage qu'on en fait, soit à cause des grandes masses rocheuses qu'elles constituent. Dans quelques circonstances, la clef ne conduit qu'à un groupe d'espèces, ex., feldspath, mica ; l'élève déterminera facilement l'espèce au moyen des caractères que nous donnons plus loin pour chacune d'elles. Les chiffres entre parenthèse renvoient au numéro d'ordre des espèces décrites dans cet ouvrage.

1 Eclat métallique ou métalloïde.................... 2
Eclat non métallique.................................... 12
2 Raye le verre, n'est pas rayé par la pointe d'un canif.. 3
Facilement rayé par la pointe d'un canif......... 5
3 Donne la réaction du soufre au chalumeau....... 4
Non ; poussière rouge sombre...*Fer spéculaire, Oligiste* (78)
poussière noire ou brune...*Fer titané* (79)
Sidérochrome (50)
4 Souvent cristallisé en cubes ; jaune bronze...*Pyrites* (57)
Blanc d'étain : blanc d'argent. ....*Mispikel* (52)
5 Malléable 6
Non malléable 8

6 Dégage SO^2 sur le charbon .... *Argyrose* (65)
Non 7
7 Jaune d'or .... *Or* (87)
Blanc d'argent .... *Argent* (85)
8 Structure lamellaire 9
Structure compacte 11
9 Toucher gras, feuillets non élastiques.............. 10
Feuillets élastiques .... *Micas* (22)
10 Densité 4.5 .... *Molybdénite* (56)
Densité 2 .... *Graphite* (32)
11 Gris plomb ; se brisant sous le marteau en fragments cubiques .... *Galène* (60)
Gris foncé ; non clivable .... *Argyrose* (65)
Jaune ; faiblement magnétique... *Pyrites magnétiques* (57)
Jaune bronze ; non magnétique... *Chalcopyrites* (62) [*Philipsite* (63)
Noir ; perle violette avec borax dans flamme oxydante .... *Pyrolusite* (76)
Noir ; combustible... *Anthracite* (33) *Houille* (34) [*Lignite* (35)
12 Raye le verre ; non rayé par la pointe d'un canif 13
Facilement rayé par la pointe d'un canif....... 20
13 Infusible 14
Fusible 16
14 Cristallisé en prismes hexagonaux .... *Quartz* (1)
Amorphe 15
15 Ne donnant pas d'eau dans le matras... *Calcédoine*, [*Jaspe, Silex* (1)
Donnant de l'eau .... *Opale* (2)

16 Difficilement fusible; deux clivages à peu près rectangulaires.......... ....*Feldspaths* (15)
Facilement fusible.. 17
17 Cristaux cubiques; éclat cireux; rouge, pourpre, brun..*Grenat* (21)
Non 18
18 Couleur verte .... *Prehnite* (27)
Non 19
19 Cristaux hexagonaux ou triangulaires, assez volumineux; couleur noir ou brun foncé...*Tour-*
[*maline* (28)
Petits cristaux clinorhombiques; masses fibreuses; souvent associés au calcaire métamorphique ou aux éjections trappéennes...*Amphiboles* (7) *Py-*
[*roxènes* (8)
20 Poussière blanche ou peu colorée.................. 21
Poussière colorée.............................. 31
21 Ne donnant pas d'eau dans le matras............ 22
Donnant de l'eau....... 26
22 Faisant effervescence à froid avec les acides...*Cal-*
[*caire* (40) *Aragonite* (41)
Ne faisant pas effervescence à froid.............. 23
23 Faisant effervescence à chaud...*Dolomie* (42) *Sidé-*
[*rose* (43)
Ne faisant pas effervescence à chaud............ 24
24 Densité 4.4 .... *Barytine*
Densité au-dessous de 4.0............................ 25
25 Infusible; prismes hexagonaux souvent arrondis; vert, rougeâtre ....*Apatite* (53)
Fusible; cristaux cubiques............ *Fluorine* (73)
26 Cristallisé.......... 27
Amorphe 29

27 Lamelles élastiques .... *Micas* (22)
Lamelles non élastiques.. 28
28 Toucher gras...*Talc* (12)
Toucher doux ; donnant beaucoup d'eau dans le matras.................................*Gypse* (69)
Lamelles vertes...................................*Chlorite* (26)
29 Donnant beaucoup d'eau dans le matras...*Gypse* (69)
Donnant peu d'eau 30
30 Facilement rayé avec l'ongle..........*Stéatite* (12)
Plus dur.. *Serpentine*
31 Poussière brune, ou jaune brun..................... 32
Poussière rouge, brune.. ....*Oligiste* (78)
Poussière verte.. ....*Malachite* (45)
Poussière bleue....................................*Azurite* (46)
32 Magnétique après ignition............*Limonite* (80)
Non... *Blende* (59)

SILICIDES.

1. Quartz.

Système hexagonal ; le plus souvent sous forme de prisme hexagonal droit terminé par une pyramide à six pans, fig. 34 et 35. Parmi les nombreuses autres faces qui ont été observées dans le Quartz, citons la face rhombe *s* et la face plagièdre *x*, fig. 36 *a*. Elles sont hémiédriques, et leur position à droite ou à gauche de la face pyra-

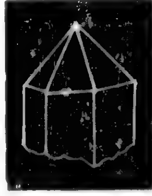


Fig. 34.



Fig. 35.

midale p indique si le cristal est dextrogyre ou lévogyre

Les faces latérales sont toujours striées perpendiculairement aux arêtes, fig. 37. Le Quartz est très fréquemment maclé.

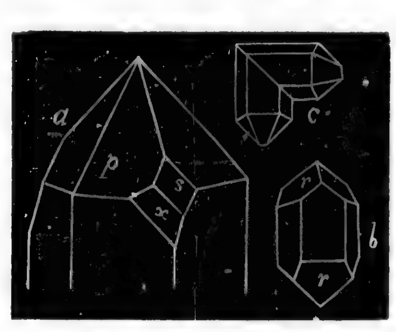


Fig. 36.

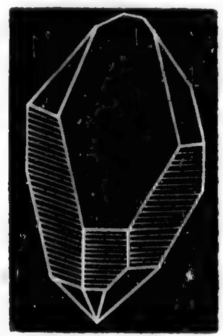


Fig. 37.

Quand les macles ont lieu par pénétration mutuelle, on ne peut découvrir leur existence que par l'examen d'une tranche perpendiculaire à l'axe dans la lumière polarisée parallèle.

Clivage à peu près nul. Cassure conchoïdale. Transparent ou translucide. Double réfraction *positive*. Polarisation rotatoire. Eclat vitreux, résineux. Couleur variable. Dur. = 7.0. Dens. = 2.5 à 2.8. Infusible au chalumeau. Insoluble dans tous les acides, sauf l'acide fluorhydrique. Fondu avec la soude, bouillonne et donne un verre clair. Composition : acide silicique.

Plusieurs variétés colorées ont reçu des noms. Blanc, limpide : *Quartz hyalin ;* violet : *Amethyste ;* brun grisâtre : *Quartz enfumé ;* rose : *rubis de Bohème ;* jaune : *fausse Topaze.* Le Quartz renferme souvent des cavités pleines de gaz ou de differents liquides.



Fig. 37.

L'*œil-de-chat* est une variété verdâtre, pénétrée d'Amianthe ; donne des reflets chatoyants lorsqu'il est taillé en cabochon.

Calcédoine. Mélange de Quartz cristallin et amorphe. En masses botryoïdes, réniformes, stalagmitiques ; couleur variable. La variété rouge s'appelle *Cornaline ;* la brune, *Sardoine ;* le *Plasma* est vert olive ; la *Chrysoprase*, vert pomme ; l'*Heliotrope*, vert foncé avec taches rouges. L'*Agate* est une Calcédoine à couches concentriques colorées. Si les couleurs sont bien tranchées, on lui donne le nom d'*Onyx*. Les nuances des Agates deviennent plus tranchées si on les fait bouillir dans l'huile d'abord, puis dans l'acide sulfurique. C'est avec les Onyx que se fabriquent les *camées*. Le *Silex* est une Agate grossière.

Le *Jaspe* est un Quartz compacte mêlé d'oxyde de fer anhydre ou hydraté. Le *Quartz lydien* ou *pierre de touche* est un Jaspe noir. Le Jaspe est toujours opaque.

Le Quartz est excessivement répandu dans la nature. Il est un des éléments constitutifs d'une foule de roches : granite, gneiss, syénite, micaschistes, etc. Les beaux cristaux de Quartz ne manquent pas au Canada. On trouve au Lac Supérieur de jolies Améthystes.

Usages.— Le Quartz est employé pour la confection de divers instruments d'optique, des verres de lunette, ainsi que dans la bijouterie.

2. Opale.

Amorphe. Cassure conchoïdale. Transparente ou translucide. Eclat vitreux, résineux. Couleur variée,

quelquefois richement irisée. Dur. 5.5 à 6.5. Dens. 1.2 à 2.3. Donne de l'eau dans le matras ; décrépite au chalumeau ; plus ou moins soluble à chaud dans la potasse. Composition : Silice, plus 3 à 12 p. 100 d'eau. Plusieurs variétés. *L'Opale de feu* est la plus précieuse. On appelle *Semi-opale* ou *Quartz résinite*, les variétés communes.

L'*Hydrophane* devient translucide lorsqu'on la mouille. La *Geyserite* est un dépôt de silice fibreuse qui se fait autour des Geysers.

Le *Tripoli* est constitué par les coquilles des diatomées et autres espèces microscopiques.

L'Opale précieuse est une pierre recherchée. On la taille en cabochon. Elle vient surtout de la Hongrie et du Mexique. On trouve les Opales dans les cavités ou fissures des roches ignées, en rognons dans les lits argilleux, sous forme de bois pétrifiés, etc.

SILICATES DE R^2O^3 ANHYDRES.

3. Zircon.

Système quadratique, fig. 38. Le prisme est terminé par les faces de l'octaèdre. Souvent en grains irréguliers. Eclat vitreux, adamantin. Rouge hyacinthe, brun, jaune, gris, incolore. Dur. 7.5. Dens. 4.0 à 4.7. Infusible au chalumeau. Les variétés coloréesse décolorent au feu. Insoluble dans les acides. Composition : Si-

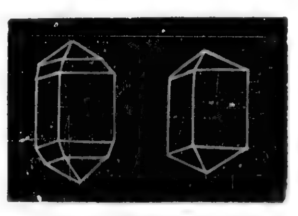


Fig. 38.

licate de Zircone, Zr^2O^3,SiO^3. On appelle spécialement *Hyacinthe* la variété rouge transparente.

On le trouve dans les roches granitiques et les basaltes, dans les alluvions, dans les schistes chloritiques, etc., en différentes localités des Etats-Unis et du Canada. Les plus beaux viennent de Ceylan et des Monts Ourals.

4. Andalousite. *

Prisme rhombique, presque carré. Translucide ou opaque. Eclat vitreux. Gris de perle, rouge de chair, brun rougeâtre. Dur. 7.5. Dens. 3.1. Infusible. Insoluble dans les acides. Bleuit à la réaction du nitrate de cobalt. Composition : Silicate d'alumine, $3Al^2O^3,2SiO^3$.

Se trouve dans les gneiss, les micaschistes. On appelle *Chiastolite* une variété maclée en croix, fig. 39.



Fig. 39.

L'Andalousite est souvent altérée, partiellement transformée en une substance stéatiteuse.

5. Disthène ou Cyanite. *

Anorthique. Deux faces de clivages de dureté différente ; c'est de là que lui vient le nom de Disthène.

Le signe * indique les espèces qui ne sont pas comprises dans le Programme du Baccalauréat ès Arts de l'Université Laval.

Transparent ou translucide. Eclat nacré et vitreux. Blanc, souvent bleu. Dur. 5 sur une face et 6 sur l'autre. Dens. 3.58. Infusible au chalumeau. Composition : Silicate d'alumine, $3Al^2O^3,2SiO^3$.

Se trouve surtout dans les micaschistes.

SILICATES DE R^2O^3 HYDRATÉS.

6. Argiles.

Masses compactes, happant plus ou moins à la langue, faisant pâte avec l'eau. Ce sont des silicates d'alumine hydratés, produits de la décomposition des Feldspaths et de quelques autres minéraux. On peut les diviser en plusieurs classes.

Kaolin.—Terre à porcelaine. Prend peu de liant avec l'eau. Blanc jaunâtre. Dens. 2.4. Bleuit avec le nitrate de cobalt. Attaqué par l'acide sulfurique à chaud. Il renferme souvent de la soude, de la magnésie, même du fer.

Se rencontre dans les pegmatites, les granites de diverses contrées, comme produit de décomposition. Sert à fabriquer la porcelaine.

Argile plastique.—Blanche, grise, jaunâtre. Happe fortement à la langue ; forme une pâte très plastique. Onctueuse, très tendre. Dens. 1.7 à 2.7. Infusible. Attaquable à chaud par l'acide sulfurique surtout après calcination.

Se rencontre en abondance dans les formations secondaires et tertiaires. On l'emploie pour la fabrication des faïences, des poteries, etc.

Argile smectique.—Terre à foulon. Se délaye mal dans l'eau, absorbe facilement les corps gras. Onctueuse au toucher. Dens. 1.7 à 2.4.

Terre à brique.—Glaise ordinaire. Onctueuse. Prend beaucoup de liant avec l'eau. Renferme plus ou moins d'oxyde de fer qui la colore en rouge après la cuisson. Employée à fabriquer les briques et les poteries grossières.

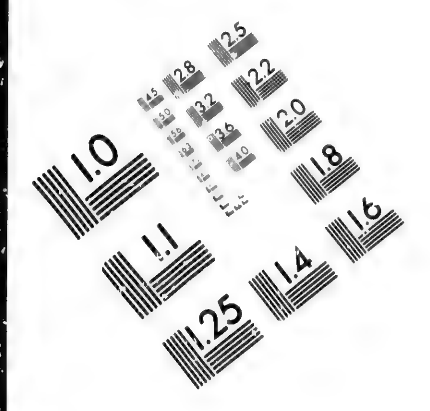
Argiles ocreuses, ocres.—Colorées fortement par des sels de fer hydratés ou anhydres. Elles prennent différents noms suivant leur couleur.

On trouve près de Québec, à Laval, à Stoneham, une terre blanche, très friable, employée comme pierre à polir. Bien qu'elle ressemble extérieurement aux argiles, elle est beaucoup plus riche en silice et se rapproche plutôt de la silice pure.

SILICATES DE RO ANHYDRES.

7. Amphiboles.

Ce mot désigne plutôt un groupe qu'une espèce en particulier. Ce groupe est constitué par la *Trémolite*, l'*Actinote* et la *Hornblende*, ayant même forme cristal-



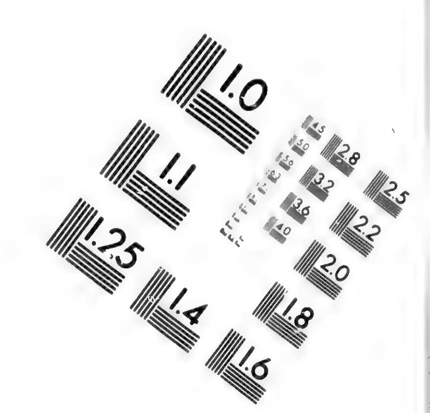
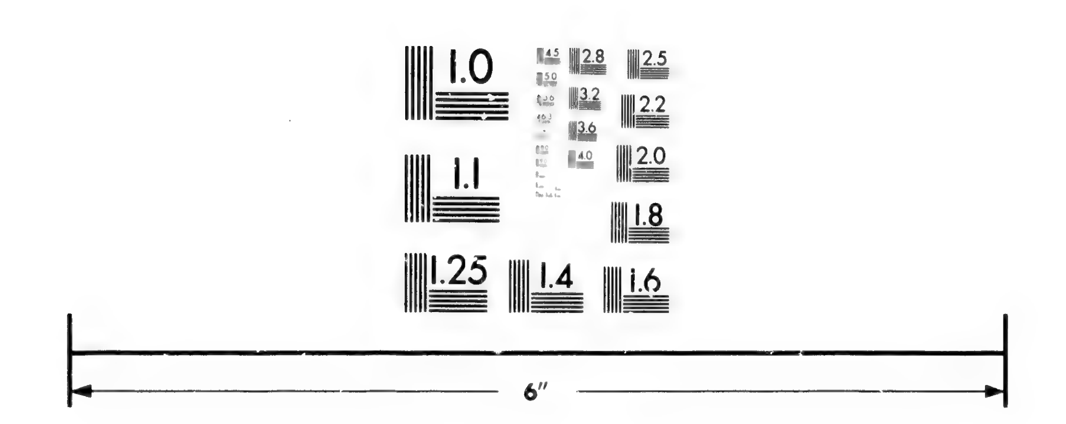
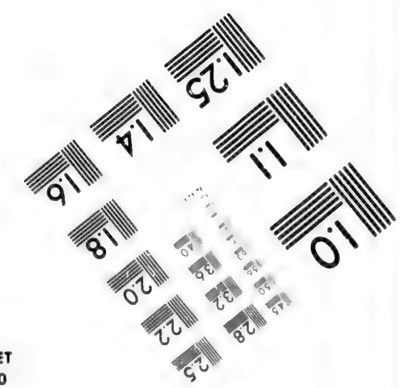


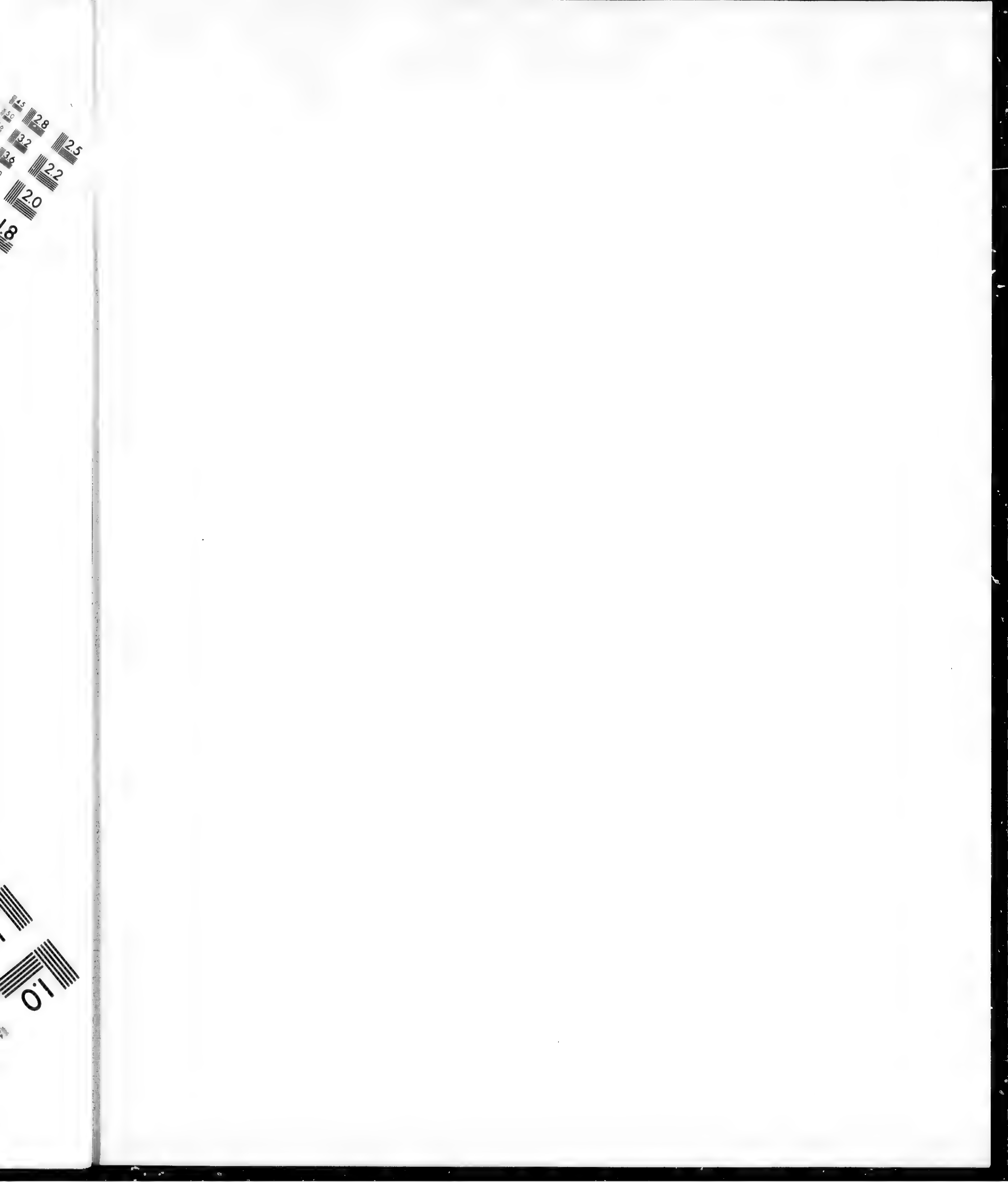
IMAGE EVALUATION
TEST TARGET (MT-3)





Photographic
Sciences
Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503



line, clinorhombique, fig. 40, et les mêmes clivages. Silicates de magnésie et de chaux avec des quantités variables de protoxyde de fer. Dur. 5.5. Dens. 2.3 à 3.2.

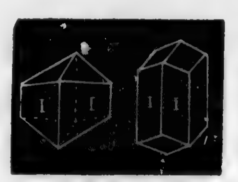


Fig. 40.

Trémolite.—Amphibole blanche. En prismes allongés. Cassure imparfaitement conchoïdale. Translucide. Eclat souvent nacré. Blanche, verdâtre, grise. Fusible au chalumeau avec bouillonnement en un verre blanc. Se rencontre dans les calcaires laurentiens, près des chûtes du Calumet et dans l'Etat de New-York. Le *Jade* est une trémolite compacte. Il sert à faire des vases qui viennent surtout de la Chine. Variétés: *cuir, liège, carton de montagne, asbeste.*

Actinote.—Cristaux souvent radiés, fibreux. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Vert de diverses nuances. Renferme une proportion notable de protoxyde de fer qui lui donne sa couleur.

Hornblende.—Opaque en masse, translucide en lames minces. Noir ou vert foncé. Presque insoluble dans les acides. La proportion de protoxyde de fer y est plus grande que dans l'Actinote, aussi sa couleur est-elle plus foncée. Elle renferme de plus de l'alumine.

La Hornblende est très répandue, elle forme partie essentielle des syénites, diorites, etc.

8. Pyroxènes.

Groupe qui a de grandes analogies avec les Amphiboles. Trois espèces: *Diopside, Sahlite, Augite.* Toutes ont même forme cristalline: clinorhombique, fig.

41. Ce qui les distingue des Amphiboles est la valeur des angles des faces latérales. Dans les premières, un de ces angles I I égale 124° 11′, dans les pyroxènes cet angle égale 87° 5′ Voilà pourquoi les pyroxènes ont souvent l'apparence de prismes carrés. Dur. 5 à 6. Dens. 3.3.

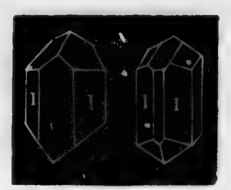


Fig. 41.

Diopside.—Prismes souvent maclés. Cassure conchoïdale ou inégale. Eclat vitreux. Incolore, blanc, vert, gris. Fusible en verre blanc. Insoluble dans les acides, $3(CaO,MgO),2SiO^3$. Le *Diallage* est un pyroxène feuilleté. Gris verdâtre ou foncé. Eclat nacré, quelquefois métalloïde. Dur. 4. Commun dans les roches serpentineuses.

Sahlite.—Gris verdâtre ou vert foncé. Cristallin, ou en masse granulaire. Renferme un peu de protoxyde de fer, comme l'Actinote.

Augite.—Cristaux souvent maclés. Fusible en verre noir. Contient une forte proportion d'alumine et de protoxyde de fer. Se trouve dans toutes les roches volcaniques. Les dolérites des environs de Montréal, à Rougemont, Montarville, etc., contiennent souvent des cristaux d'Augite.

La *Bronzite* est une espèce voisine des pyroxènes.

9. Hypersthène. *

Système rhombique. Opaque en masses. Eclat nacré ou métalloïde sur les plans de facile clivage ; souvent à reflets rouge cuivre. Noir grisâtre ou ver-

dâtre, vert. Dur. 6. Dens. 3.3. Fusible en verre noir, magnétique. Insoluble dans les acides. Silicate de magnésie et de protoxyde de fer. Très commun dans certaines roches laurentiennes ; au Château-Richer.

10. Péridot ou Olivine. *

Système rhombique. Cassure conchoïdale. Eclat vitreux. Vert, jaune, brun. Dur. 6.5. Dens. 3.3. Fait gelée avec les acides. Infusible. Composition : $3MgO,SiO^3$, la magnésie pouvant être remplacée par du protoxyde de fer. Se rencontre dans les roches volcaniques de Montréal, Rougemont. Quelquefois employé en bijouterie. Tapisse les cavités de l'amigdaloïde de la montagne de St-Anselme.

Silicates de RO hydratés.

11. Magnésite.

Ecume de mer.—Compacte, terreuse. Opaque, blanche. Douce au toucher. Happe à la langue. Dur. 2. Dens. 1.2 à 1.6. Donne de l'eau dans le matras et noircit. Difficilement fusible en émail blanc. Se colore en rose par la réaction du cobalt. Attaquable par l'acide chlorhydrique. Composition : Silicate de magnésie hydraté. Se trouve dans l'Asie Mineure, en Grèce. Sert à fabriquer les pipes.

12. Talc.

Lames hexagonales; clivage très facile parallèlement à la base et paraissant provenir d'un prisme rhomboïdal droit. Translucide. A travers une lame de clivage on voit au microscope polarisant deux axes optiques peu écartés. Eclat nacré. Blanc, verdâtre ou gris. Flexible non élastique. Rayé par l'ongle. Très onctueux. Dur. 1. Dens. 2.7.

Fond à peine sur les bords. Coloration rose au cobalt. Inattaquable par les acides.

Composition: Silicate de magnésie hydraté; contient souvent un peu d'oxyde de fer et d'alumine.

Le Talc est rare dans les terrains laurentiens, mais se rencontre fréquemment dans les terrains siluriens des Cantons de l'Est, en amas puissants, dans le voisinage des Serpentines.

La *Stéatite* est une variéte compacte de Talc. Sous le nom de *Craie de Briançon*, elle sert aux tailleurs comme pierre à tracer. S'emploie aussi en poudre pour diminuer les frottements. La *Pierre ollaire* tient la milieu entre le Talc et la Serpentine. On en fait des calorifères et des vases pour la cuisson des aliments.

13. Serpentine.

Masses compactes ou fibreuses. Cassure conchoïdale, écailleuse ou inégale. Translucide ou opaque. Eclat faiblement résineux ou gras. Vert foncé ou pâle, jaune, grise, brune. Dur. 3. Dens. 2.5.

Noircit dans le matras et donne de l'eau. Fond à peine sur les bords. Coloration rose au cobalt. Attaquable par l'acide chlorhydrique sans faire de gelée. Silicate de magnésie plus hydraté que le Talc. Renferme souvent du protoxyde de fer.

Les *Serpentines nobles* sont translucides, les *communes* sont opaques et ont des teintes plus pauvres. Les premières servent à divers ornements.

On trouve la Serpentine en abondance dans nos roches laurentiennes. Elles sont extrêmement rares dans les terrains huroniens. Mais dans les lits siluriens métamorphisés des Cantons de l'Est, elles forment de véritables montagnes. On trouve ces masses sillonnées souvent par des veines de *Chrysotile* fibreuse, à fibres perpendiculaires aux lèvres de la veine. C'est ce dernier minéral qu'on exploite sous le nom d'*Asbeste* ou d'*Amianthe*. La véritable Asbeste est une Trémolite fibreuse. La *Chrysotile* n'est qu'une Serpentine fibreuse.

14. Calamine.

Système rhombique. Cristaux toujours petits, aplatis et striés parallèlement à l'axe. Eclat vitreux, presque adamantin. Incolore, blanche, brune, bleue, verte. Dur. 5. Dens. 3.4. Pyroélectrique. Composition : Silicate de zinc hydraté.

Donne de l'eau dans le matras. Presque infusible. Bleuit au cobalt. Fait gelée avec les acides. Employé comme minérai de zinc.

Silicates de R^2O^3+RO anhydres.

Feldspath.

On groupe sous le nom de Feldspath plusieurs espèces qui ont entre elles une telle analogie qu'il est souvent difficile de les distinguer les unes des autres. Voici leurs caractères communs. Dens. 2.7. Dur. 6 à 7. Fusibilité, 3 à 5 ; système anorthique ou clinorhombique, fig. 42, l'angle *mm* des prismes égalant à peu près 120°. Deux clivages bien marqués à peu près rectangulaires.

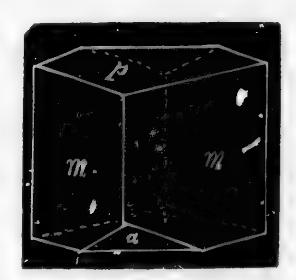


Fig. 42.

Se trouve assez souvent en une pierre compacte appelée *Pétrosilex*. Ce sont des silicates d'alumine et d'un protoxyde qui est généralement potasse, soude, chaux, quelquefois baryte.

Les minéralogistes ne s'accordent pas sur le nombre d'espèces des Feldspaths. M. Dana en énumère sept ; M. DesCloizeaux, sept avec d'autres noms, et M. Pisani cinq. Ces espèces différeraient non seulement par la nature des protoxydes, mais encore par leurs proportions relatives. Dans plusieurs cas, grâce à l'isomorphisme de ces espèces, l'analyse chimique est le seul moyen de les identifier. M. DesCloizeaux a donné, en 1875 et 1876, un autre moyen tiré des caractères optiques ; mais il est encore plus facile d'avoir recours à l'analyse. Voici les espèces reconnues par M. Pisani :



Fig. 43.

15. *Orthose.*—Clinorhombique, fig. 43. Deux clivages rectangulaires, l'un parfait suivant *n*, un autre moins facile suivant *f*. Transparent ou translucide. Eclat vitreux, nacré suivant *n*. Dur. 6. Humecté de chlorure de calcium, donne avec le verre bleu une coloration pourpre. Composition : silicate d'alumine et de potasse. Macles très fréquents et très remarquables. L'*Adulaire* est transparent ; le vert est appelé *Pierre des amazones*, la *Pierre de lune* est un beau Feldspath à reflets nacrés, employé en bijouterie.

Employé pour la fabrication des porcelaines et des émaux.

Très abondant dans les roches laurentiennes ; il est un des éléments du granite. On rapporte à l'Orthose, la *Rétinite*, la *Perlite*, l'*Obsidienne*, les *Ponces* et autres roches volcaniques.

16. *Albite.*—Triclinique ; *mm*=120°47'. Les deux clivages *ne sont pas tout à fait rectangulaires. Faces f et n souvent striées.* Blanche, grise ou jaunâtre. Silicate d'alumine et de soude.

17. *Oligoclase.*—Anorthique. Clivages légèrement obliques l'un par rapport à l'autre. Faces *n* et *f* striées dans un autre sens que celles de l'Albite. Silicates d'alumine, de soude et de chaux ; cette dernière ne dépasse pas 4 p. 100.

18. *Labradorite.*—Anorthique. En masses laminaires ou clivables. Plans de clivage non rectangulaires. Striée sur les plans de clivage. Reflets souvent irisés. En grande partie attaquable par

l'acide chlorhydrique. Silicate d'alumine, de soude et de chaux, la soude ne dépassant pas 5 p. 100.

La Labradorite se rencontre en abondance dans les terrains canadiens et particulièrement dans la division éozoïque de ces terrains. De magnifiques échantillons viennent du Château-Richer et d'autres points de la côte nord.

Anorthite.—Anorthique. Petits cristaux de même forme que l'Albite. Clivage de l'Oligoclase. Fusible. Silicate d'alumine et de chaux.

19. Epidote. *

Monoclinique. Prismes souvent aplatis; cristaux réunis en masses granulaires. Couleur vert pistache, caractéristique; quelquefois vert jaunâtre, ou brun; polychroïque; généralement translucide. Dur. 6.7. Dens. 3.2 à 3.5. Composition: Silicate de chaux et d'un sesquioxyde qui est généralement de fer ou d'alumine. Renferme un peu d'eau. Fusible assez facilement. Dans la flamme réduisante donne une masse magnétique. Réaction du fer, quelquefois du manganèse. Se rencontre souvent dans les roches cristallines, granite, gneiss, micaschiste, serpentine, etc. Remplit souvent les cavités amigdaloïdes du Trapp.

L'*Epidote* est regardée par M. Dana comme formant un groupe qui comprendrait les espèces *Epidotes, Allanite, Zoïsite.*

20. Emeraude.

Hexagonal. Clivable dans le plan de la base. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Vert

d'émeraude et de diverses nuances, incolore. Dur. 7.5 à 8. Dens. 2.7. Difficilement fusible. Silicate d'alumine et de glucine. Se trouve dans les granites, les gneiss. Les belles variétés sont employées en bijouterie. Telles sont, outre l'Emeraude proprement dite, l'*Aigue-marine*, vert d'eau, et le *Béryl*, bleu pâle ou incolore.

21. Grenat.

Cubique. Dodécaèdre rhomboïdal ou trapézoèdre, fig. 44. Masses compactes ou grenues. Dur. 6.5 à 7.5. Dens. 3.15 à 4.3. Eclat vitreux, résineux. Rouge, jaune, vert, noir. Transparent ou translucide. Cassure conchoïdale. Friable. C'est un silicate très compliqué de sesquioxydes et de protoxydes. M. E. Dana en distingue trois groupes suivant la nature du sesquioxyde qui prédomine. Le Grenat *alumineux*, le Grenat *ferrugineux* et le Grenat *chromé*. C'est dans ces trois groupes que se placent les variétés ou espèces si nombreuses des Grenats. Les Grenats sont assez facilement fusibles au chalumeau. Le Grenat *almandin* appartient au groupe des ferrugineux.

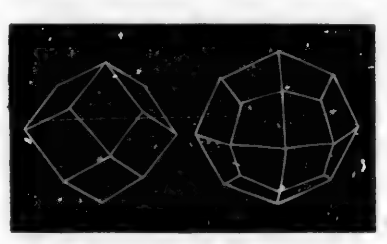


Fig. 44.

Se rencontrent assez souvent dans les schistes, gneiss, etc., des terrains laurentiens. Les variétés limpides sont employées en bijouterie.

On appelle *Idocrase*, un minéral dont la composition ressemble à celle du Grenat, mais qui cristallise dans le système quadratique.

Mica.

Encore un groupe naturel de plusieurs espèces, souvent difficiles à distinguer les unes des autres. Les Micas sont des silicates de sesquioxydes et de protoxydes ; les sesquioxydes pouvant être, Al^2O^3, Fe^2O^3 et les protoxydes MgO, KO, NaO, LiO. On les rencontre cristallisés dans le système hexagonal et rhombique, l'angle de ce dernier prisme étant de 120°. Clivage éminent, parallèlement à la base du prisme. La potasse et l'alumine y sont presque toujours contenues. L'axe optique ou le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan de clivage. Eclat nacré, métalloïde. Dur. 2.5. Dens. 2.9. Les Micas magnésiens et potassiques sont peu fusibles, les Micas lithiques fondent facilement en colorant la flamme en rouge. La présence de la potasse se décèle par le chlorure de calcium dont on humecte le minéral avant de le plonger dans la flamme du chalumeau. Le verre bleu permet alors de voir la teinte pourpre du potassium.

22. *Phlogopite*.—Bases : potasse, magnésie et alumine. Difficilement fusible. Très commun dans les terrains laurentiens. Jaune ou brun. On le trouve en lames, mêlé avec le Calcaire, le Pyroxène et le Quartz.

23. *Biotite*.—Couleur foncée. Composition des plus compliquées. Renferme assez de fer pour donner au chalumeau la réaction de ce métal.

24. *Muscovite.*—Blanc ou pâle. Contient de l'eau. Bases : alumine, potasse et un peu de magnésie et de fer.

25. *Lépidolite.*—Mica lithique. Rose. Donne la réaction du lithium.

Les Micas renferment souvent du fluor. Les terrains canadiens sont riches en Mica, soit à l'état de micaschistes, soit sous forme de lames régulièrement cristallisées. Quelques gisements ont été et sont encore exploités. Le Mica en grandes lames est employé quelquefois comme verre à vitre. On s'en sert encore pour les poëles à charbon.

SILICATES DE R^2O^3+RO HYDRATÉS.

26. Chlorite. *

On donne ce nom à certains minéraux verdâtres, facilement clivables dans une direction, comme les Micas, mais à lamelles à peine élastiques. Plus durs que les Micas. Ils contiennent principalement de la silice, de l'alumine, de la magnésie, du protoxyde de fer et de l'eau. Ne se rencontre pas dans nos terrains laurentiens, mais dans les diorites huroniens et nos terrains siluriens métamorphisés.

27. Zéolites. *

Les silicates désignés par ce nom sont essentiellement hydratés et caractérisent les roches trappéennes

et basaltiques. Ils fondent tous au chalumeau, souvent avec une grande facilité. La fusion chez plusieurs espèces, est accompagnée de gonflements et de bouillonnements caractéristiques. Ils font gelée avec les acides ou se décomposent en laissant une poussière siliceuse.

Les Zéolites canadiennes sont partagées par M. Chapman en deux groupes, les Zéolites à base *calcaire* et les Zéolites à base *alcaline*.

Parmi les premières se trouve la *Prehnite*, orthorhombique, le plus souvent en masses mamelonnées, à structure fibreuses. Couleur verte. Dur. 6.0 à 6 5. Den. 2.8 à 2.95. Ajoutons la *Datolite*, clinorhombibique; la *Laumonite*, la *Thomsonite*, l'*Heulandite*, la *Stilbite*, la *Chabazite*.

Parmi les secondes, il y a la *Natrolite*, orthorhombique, blanchâtre, le plus souvent à structure rayonnante. Se trouve dans le trapp, près de Montréal. L'*Analcime*, l'*Apophyllite*, blanche ou rouge pâle, quadratique, mais souvent en masses lamellaires, éclat perlé. Fusible, donnant beaucoup d'eau dans le matras. Dens. 2.3 à 2.4. Se distingue de toutes les Zéolites en ce qu'elle ne contient pas d'alumine. Composition : Silicate hydraté de chaux et de potasse.

SILICATES AVEC BORE, CHLORE, ETC.

28. Tourmaline.

Hexagonal. Le prisme hexagonal est souvent combiné avec le prisme triangulaire. Cassure conchoïdale. Transparente ou opaque. Eclat vitreux. Grande variété de couleurs. Dur. 7. Dens. 3.02 à 3.20. Pyroélectrique. Presque infusible, blanchit quelquefois au chalumeau. Boro-silicate compliqué d'alumine ou de ses isomorphes, et de potasse ou de ses isomorphes. Sous une faible épaisseur, absorbe totalement le rayon ordinaire. Les rouges et les vertes sont quelquefois taillées pour la bijouterie. La Tourmaline se rencontre en plusieurs endroits : à la Malbaie, au Mille-Isles d'après Bigsby. On en trouve encore le long de la rivière Madawaska et à St-Jérôme.

29. Topaze.

Rhombique. Clivage parfait et caractéristique, suivant la base. Cassure conchoïdale. Le plus souvent transparente. Incolore ou jaunâtre ; cette dernière variété devient plus foncée après calcination à une certaine température (*Topaze brûlée*). Dur. 8. Dens. 3.52 à 3.56. La Topaze est employée en bijouterie. Composition : Fluo-silicate d'alumine pur.

30. Outremer. *

Cubique. Ordinairement en masses compactes. Bleu d'azur. C'est le *Lapis-Lazuli*. Fusible en un verre

blanc. Avec l'acide chlorhydrique se décompose en dégageant de l'hydrogène sulfuré. Composition : Silicio-sulfate d'alumine, de soude, de chaux et de fer.

CARBONIDES.

31. Diamant.

Cubique. Formes plus ou moins modifiées, arrondies, fig. 45. Clivable. Transparent ou translucide. Eclat vif. Couleur variée. Dur. 10. Dens. 3.5 à 3.6. Infusible. Carbone pur cristallisé. Se trouve dans des conglomérats quartzeux et surtout dans les sables d'alluvion. Localités : Indes, Bornéo, Brésil, Cap de Bonne-Espérance. Employé en bijouterie. La plus précieuse des gemmes, surtout s'il est bien limpide. On le taille avec sa poudre. On trouve au Brésil des diamants noirs qui servent à tailler les autres, ou à faire des burins destinés à percer des trous de mines. Un seul diamant, le Régent de France, bien qu'il ne pèse que 136.25 carats ou 419 grains vaut plus de $500,000. Le diamant doit une bonne partie de son éclat à la taille qui quelquefois lui enlève près de la moitié de son poids.

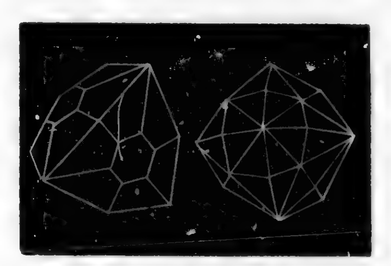


Fig. 45.

32. Graphite.

Eclat métallique. Masse écailleuse, grasse au toucher. Noir de fer ou gris d'acier. Dens. 2.09 à 2.23. Infusible. Plongé dans une dissolution de sulfate de cuivre avec une pince de zinc, se recouvre immédiatement de cuivre métallique. Carbone presque pur. Sert à fabriquer les crayons, certains creusets : employé aussi comme lubréfiant. Les plus riches dépôts de Graphite, en Canada, existent dans les terrains laurentiens. On les trouve sous forme de veines ou de filons de plusieurs pouces d'épaisseur. Dans les cantons de Burgess et Grenville, il en existe des mines exploitables. Ces dépôts sont souvent près des calcaires de cette époque.

33. Anthracite.

Amorphe. Cassure conchoïdale. Eclat métalloïde. Noir. Dens. 1.3 à 1.75. Brûle difficilement. Détonne si on le chauffe avec du nitre. Ne donne aucune teinte à une lessive chaude de potasse. Se trouve en Pensylvanie et en Europe. Employé comme combustible.

34. Houille.

Amorphe. Noir. Très fragile. Dens. 1.25 à 1.34. Dur. 2 à 2.5. Brûle avec une flamme plus ou moins longue et répand une odeur bitumineuse. Colore en jaune pâle une lessive chaude de potasse. Les Houilles *grasses* brûlent avec une flamme longue, fondent et s'agglutinent plus ou moins dans les foyers. Les

Houilles *maigres* brûlent avec une flamme courte, sans s'agglutiner. Employée pour le chauffage, la métallurgie, la préparation du gaz d'éclairage, etc. Il n'y a pas de mine de houille dans la province de Québec, bien qu'on puisse trouver certaines substances charbonneuses en différents endroit comme à Lévis, à St-Romuald, à l'Ile d'Orléans. Il y aurait, paraît-il, à Gaspé un lit de Lignite exploitable. Dans la Nouvelle-Ecosse, le Nouveau-Brunswick et le Nord-Ouest, il y a des mines de houille très riches.

35. Lignite.

Amorphe. Poussière brune. Brûle avec une odeur désagréable. Colore en brun une lessive chaude de potasse. Possède ordinairement la structure du bois. Dens. 0.5 à 1.25. Sert au chauffage. Une variété, le *Jayet*, est employée dans la bijouterie. La *Terre de Cologne* est un Lignite terreux, employé comme peinture.

36. Tourbe.

La Tourbe est un produit moderne, se rapprochant du Lignite, et formé par des végétaux en décomposition. Structure spongieuse. Composition analogue à celle du Lignite.

Nous avons d'immenses tourbières, à la Rivière-Ouelle, à St-Henri, dans les Cantons de l'Est, dans le district de Montréal, etc.

37. Pétrole.

Liquide jaune ou brun foncé. Dens. 0.7 à 0.9. Odeur aromatique ou bitumineuse. Bout au-dessous de 100°. Peu soluble dans l'alcool. Composé de plusieurs carbures d'hydrogène. Employé pour l'éclairage et comme dissolvant. Se trouve en abondance dans la Pensylvanie, où certains puits sont exploités depuis des années et semblent inépuisables. Le pétrole se rencontre en petite quantité dans beaucoup de nos terrains siluriens inférieurs. A la Rivière à la Rose, Montmorency, il s'échappe des calcaires trentoniens. Dans le voisinage de Gaspé, le pétrole sort en assez grande quantité des terrains dévoniens. Le pétrole existe en abondance et est exploité en plusieurs endroits d'Ontario.

38. Asphalte.

Bitume amorphe. Eclat résineux. Noir de poix ou brunâtre. Dens. 1.1 à 1.2. Facilement fusible. Brûle avec une flamme fuligineuse. Donne par le frottement une odeur bitumineuse. Les bitumes se rencontrent fréquemment dans les terrains paléozoïques. Dans le *Groupe de Québec*, on trouve une matière charbonneuse qui se rapproche assez des bitumes. Elle est extrêmement friable, et brûle avec une flamme fuligineuse ; elle remplit certaines fissures des lits de cette formation.

Ajoutons encore les schistes bitumineux, qui, quelquefois, peuvent servir de combustible.

39. Ambre.

Amorphe. Transparent ou translucide. Eclat résineux. Jaune de miel, rouge. Dur. 2.5. Dens. 1 à 1.1. Fond à 287°, puis dégage de l'eau et de l'acide succinique. Brûle avec flamme brillante et odeur particulière. Résine fossile. Se trouve parmi les lignites tertiaires, en Prusse, en Sicile. Sert à faire des ornements, des bouts de pipes, etc.

40. Calcaire.

Hexagonal. Grande variété de formes cristallines. Les rhomboèdres de toute espèce s'y rencontrent le plus souvent, isolés ou combinés, fig. 46 et 47. Cli-



Fig. 46.

vage net suivant les faces *c* du rhomboèdre primitif. Transparent ou translucide. Incolore ou coloré acci-

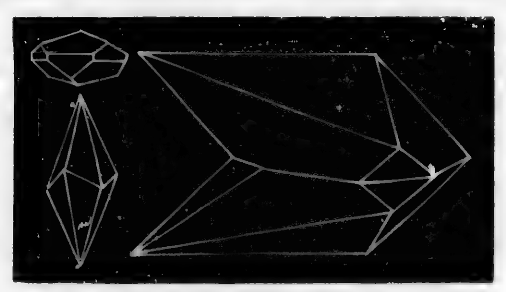


Fig. 47.

dentellement. Dur. 3. Dens. 2.70 à 2.73. Infusible;

brille fortement sous l'action du chalumeau, et colore la flamme en rouge jaunâtre, surtout après avoir été humecté d'acide chlorhydrique. Fait effervescence avec les acides. C'est du carbonate de chaux. Se trouve cristallisé, à l'état fibreux, compacte, etc. Très répandu dans la nature. Une variété, venant de Fontainebleau, renferme beaucoup de sable, à tel point qu'on croirait, en la voyant, à des cristaux rhomboédriques de Quartz.

Usage.—Une variété en gros cristaux limpides, le *Spath d'Islande*, est employée en optique. Le calcaire jaunâtre est souvent appelé *albâtre* et sert à faire divers ornements. La variété saccharoïde constitue le *marbre statuaire* et autres marbres. Plusieurs parmi ces derniers, grâce à leurs couleurs, ont reçu des noms particuliers. La *pierre lithographique* est un calcaire compacte, jaunâtre, à pâte fine. Les calcaires grossiers servent de pierre à bâtir ou de pierre à chaux. Ceux qui servent de pierre à ciment renferme 25 à 30 p. 100 d'argile ou autres substances étrangères.

Le calcaire se trouve partout dans la province de Québec. On le rencontre dans le *Groupe de Québec*, en lits ou en conglomérats. Il constitue la presque totalité du *Trenton* (calcaire de Beauport, de Deschambault et de Montréal). On le trouve encore dans les terrains *laurentiens*, (marbres de St-Joachim et autres). La pierre à ciment existe en plusieurs endroits de Québec et d'Ontario. On en a découvert à Gaspé, à Québec, le long de l'Ottawa, à Kingston, etc. Le ciment de Québec est surtout remarquable par la quantité de sulfate de chaux que l'analyse y découvre.

41. Aragonite.

Rhombique. Un seul clivage. Eclat vitreux. Dur: 3.5 à 4. Dens. 2.93 à 2.94. Infusible. Mêmes caractères chimiques et même composition que le Calcaire. Se trouve en cristaux, en masses fibreuses, pisolithiques, compactes. L'Aragonite a été trouvée en petite quantité à Tring et près de Lachine.

42. Dolomie.

Hexagonal. Forme généralement rhomboédrique. Surface des cristaux souvent ondulée. Clivage facile. Translucide. Eclat vitreux, souvent perlé. Incolore, blanche ou jaunâtre. Dur. 3.5 à 4.5. Dens. 2.89. Ne fait pas effervescence à froid avec les acides, mais à chaud. Carbonate double de chaux et de magnésie.

La Dolomie est très répandue. Elle existe dans les terrains *laurentiens*, constitue à elle seule la presque totalité du *calcifère*. On la trouve souvent parmi les roches du *Groupe de Québec*.

43. Sidérose. *

Hexagonal ; rhomboèdre primitif. Clivage facile. Translucide ou opaque. Eclat vitreux, nacré. Blanc jaunâtre, jaune et souvent brun ou noir par suite d'une altération superficielle. Dur. 3.5 à 4. Dens. 2.8. Au chalumeau noircit et devient magnétique : fait effervescence à chaud avec l'acide chlorhydrique ; la solution précipite en vert par l'ammoniaque. Composition : carbonate de fer. Employé comme minérai

de fer. Se trouve en Angleterre, ne se rencontre guère au Canada, sauf une variété terreuse qui se voit en petite quantité dans la *formation de Gaspé*.

44. Smithsonite. *

Hexagonal. En petits cristaux rhomboédriques. Eclat vitreux ou nacré. Blanche, jaune, verdâtre. Dur. 5. Dens. 4.3. Infusible. Verdit à la réaction du cobalt ; soluble avec effervescence dans les acides. Composition : carbonate de zinc. On lui donne quelquefois le nom de *Calamine*. Un des meilleurs minérais de zinc.

45. Malachite.

Clinorhombique. Ordinairement en cristaux aciculaires. Translucide. Eclat vitreux, soyeux dans les variétés fibreuses. Vert d'émeraude ou vert-de gris. Dur. 3.5 à 4. Dens. 3.92 à 4. Donne de l'eau et noircit dans le matras. Globule de cuivre sur le charbon. Soluble avec effervescence dans les acides et donnant une liqueur verte. Carbonate de cuivre hydraté. Le plus souvent en masses mamelonnées, réniformes, fibreuses. Employée pour divers objets d'ornements : vases, pendules, tables. Ne se rencontre qu'en petites quantités dans les terrains canadiens.

46. Azurite.

Clinorhombique. Cristaux assez gros, aplatis. Bleu d'azur. Dur. 3.5 à 4. Dens. 3.76 à 3.83. Même composition, mêmes réactions et mêmes usages que la Malachite.

TITANIDES.

47. Rutile. *

Quadratique. Les prismes sont très souvent modifiés sur les arêtes latérales et terminés par une pyramide. Macles fréquents. Cassure inégale. Eclat adamantin, métalloïde. Rouge, brun, jaune. Poussière, brun clair. Dur. 6 à 6.5. Dens. 4.22 à 4.30. Composition : acide titanique. Infusible. Inattaquable par les acides. Fondu avec la potasse et traité par l'acide chlorhydrique, il donne une solution violette si on la chauffe avec de l'étain. Employé pour certains émaux.

48. *L'Anatase* a même composition que le Rutile, même système cristallin, toutefois on le rencontre le plus souvent en octaèdre aigu. Un peu moins dur et moins dense que le Rutile.

49. La *Brookite* diffère des deux précédents par son système cristallin qui est orthorhombique. Deux axes optiques peu écartés. Densité et dureté : celles du Rutile. Se trouve en petits cristaux dans les alluvions aurifères et dans le minérai de fer de St-Urbain.

CHROMIDES.

50. Sidérochrome.

Fer chromé. Cubique, rarement cristallisé. Opaque. Eclat métallique, inclinant au résineux. Noir de fer

ou noir de poix. Poussière brun jaunâtre. Dur. 5.5. Dens. 4.4 à 4.5. Légèrement magnétique. Infusible. Donne une perle de borax verte. Composition : oxyde salin de sesquioxyde de chrome et de protoxyde de fer. Se rencontre dans les Cantons de l'Est et à Gaspé. Un fer chromé, renfermant 50 p. 100 de sesquioxyde de chrome, vaut $60 la tonne, sur le marché anglais.

STIBIDES.

51. Antimoine. *

Hexagonal. Opaque. Eclat métallique. Blanc d'étain. Cassant. Dur. 3 à 3.5. Dens. 6.6 à 6.7. Sur le charbon, fond, se volatilise avec enduit blanc. L'acide nitrique le transforme en oxyde d'antimoine blanc. Renferme une très petite quantité d'argent, d'arsenic et de fer. On le trouve dans quelques Cantons de l'Est, en veines exploitables.

ARSÉNIDES.

52. Mispikel. *

Orthorhombique. Prisme plus ou moins surbaissé, surmonté d'un dôme très obtus, fig. 48. Les faces du

dôme toujours striées. Opaque. Eclat métallique. Blanc d'argent ou gris d'acier. Dur. 5.5. Dens. 6.0 à 6.3. Donne un sublimé rouge de sulfure d'arsenic dans le matras, puis de l'arsenic métallique. Odeur d'ail sur le charbon et résidu magnétique. Attaquable par l'acide azotique. Sulfure double d'arsenic et de fer. Très répandu. Employé pour l'extraction de l'arsenic. On le trouve avec la galène argentifère, dans une veine de Quartz le long de la rivière Chaudière à St-François, plus abondamment encore près de Lennoxville, et dans les terrains aurifères de la Nouvelle-Ecosse.

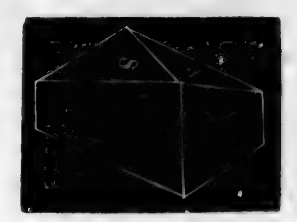


Fig. 48.

PHOSPHORIDES.

53. Apatite.

Hexagonal. Prismes le plus souvent réguliers, terminés par un plan ou une pyramide à six pans. Clivables parallèlement à la base. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanche, pourpre ; les Apatites canadiennes sont le plus souvent vertes. Dur. 5. Dens. 3.18 à 3.21. Difficilement fusible. Soluble dans les acides chlorhydrique et nitrique. Humectée d'acide sulfurique, colore la flamme en vert

pâle. La solution azotique précipite par l'acide sulfurique; à chaud, la même solution donne un précipité jaune avec le molybdate d'ammoniaque. Composition: phosphate de chaux mélangé ou combiné avec du fluorure et du chlorure de calcium. Se trouve en beaux cristaux associés au Calcaire, au Mica, etc., en masses compactes, terreuses. Employée pour la fabrication des engrais. La province de Québec renferme, dans la région de l'Ottawa, des gisements très riches, très abondants d'Apatite. Elle y est associée aux calcaires laurentiens. En général les Apatites canadiennes contiennent peu de chlore et plus de fluor. On peut voir dans le Rapport Géologique de 1877-78 une longue liste des minéraux accompagnant l'Apatite canadienne, dressée par M. B.-J. Harrington. Il est probable qu'on découvrira encore ce minéral en plusieurs endroits de nos puissantes formations laurentiennes.

Les terrains siluriens renferment souvent des nodules phosphatiques qui paraissent être des coprolites. On trouve ces nodules à la Rivière-Ouelle, à la Pointe-Lévis, dans des schistes et des conglomérats calcaires du *Groupe de Québec*. D'après la *Géologie du Canada* de 1863, plusieurs de ces nodules seraient formés des débris de carapaces de *Lingula*, *Orbicula*, *Serpulites*, etc.

54. Turquoise.

Amorphe. Peu translucide sur les bords. Opaque. Eclat vitreux faible. Bleu ciel et vert. Dur. 6. Dens. 2.62 à 3. Donne de l'eau. Au chalumeau, noircit et colore la flamme en vert. Soluble dans les

acides. Composition : phosphate d'alumine hydraté. Les belles variétés sont employées en bijouterie.

SULFURIDES.

55. Soufre.

Rhombique. Souvent cristallisé; quelquefois en masses amorphes. Eclat résineux. Jaune ; les variétés jaune orange contiennent de l'arsenic. Transparent ou translucide. Sectile. Dur. 1.5 à 2.5. Dens. 1.9 à 2.1. Brûle avec une flamme bleue, dégageant de l'acide sulfureux. Le soufre cristallisé à une basse température, 125°C., est clinorhombique. Se rencontre dans le voisinage des volcans.

56. Molybdénite.

Hexagonal. Rarement cristallisé. Opaque. Eclat métallique. Gris de plomb. Ressemble beaucoup au Graphite. Dur. 1. à 1.5. Dens. 4.5 à 4.6. Infusible. Colore la flamme en vert pâle. Attaquable par l'acide nitrique, en donnant une poudre blanche qui se dissout dans l'ammoniaque ; cette solution, acidifiée avec l'acide chlorhydrique et additionnée d'étain, donne une belle coloration bleue. Composition : sulfure de Molybdène. On le rencontre en petites lamelles dans un gneiss rouge à St-Jérôme et en gros rognons dans la baie de Manicouagan.

57. Pyrite.

Cubique. Cube, fig. 49, ou dodécaèdre pentagonal. Faces du cube striés, les directions des stries étant rectangulaires sur deux faces voisines, fig. 50. Opa

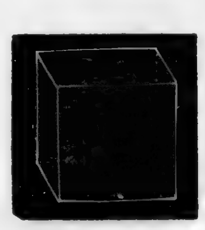


Fig. 49.

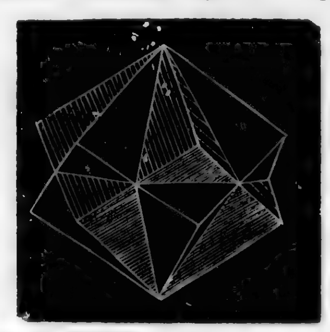


Fig. 50.

que. Eclat métallique. Jaune. Dur. 6 à 6.5. Dens. 5.0. Composition : sulfure de fer ; contient quelquefois de petites quantités d'or. Sert à extraire le soufre, ou à préparer l'acide sulfurique, etc. Très commune au Canada, dans les gneiss et les calcaires laurentiens. Certains schistes du *Groupe de Québec* en contiennent de grosses masses. La *Pyrite magnétique* a été trouvée à St-Jérôme et à St-François, Beauce, associée à la Pyrite ordinaire, à la Blende et à la Galène. Moins dure que la Pyrite ordinaire ; elle agit légèrement sur l'aiguille aimantée.

58. Marcassite.

Rhombique. Même composition que la Pyrite ; trouvée par M. E.-J. Chapman, sur les rives du Lac Supérieur.

59. Blende.

Cubique. Transparente ou translucide. Eclat adamantin. Jaune, rouge, brune, noire. Dur. 3.5. Dens. 3.9 à 4.2. Donne la réaction du zinc sur le charbon. Soluble dans l'acide azotique avec résidu de soufre. Avec l'acide chlorhydrique dégage de l'hydrogène sulfuré. Composition : sulfure de zinc. Employée pour l'extraction du zinc. A été trouvée en Canada dans le comté de Berthier, à St-Irénée, dans les roches laurentiennes ; dans la Dolomie à Leeds ; dans une veine quartzeuse à St-François, Beauce ; dans le calcaire de *Trenton*, en petites masses jaune de miel, à Montmorency, Kingston et Montréal.

60. Galène.

Cubique : cube, octaèdre. Clivage cubique parfait. Eclat métallique. Dur. 2.5. Dens. 7.4 à 7.6. Réaction du plomb sur le charbon. Attaquable par l'acide nitrique. Composition : sulfure de plomb. Renferme souvent de l'argent et de l'antimoine. On reconnait la présence de l'argent par la coupellation. On peut aussi dissoudre dans l'acide nitrique étendu et ajouter quelques gouttes d'iodure d'amidon. Ce dernier se décolore immédiatement s'il y a de l'argent.

En cristaux ou en masses compactes. Employée comme minérai de plomb, d'argent, et pour le vernissage des poteries. La Galène se rencontre en plusieurs endroits du Canada, à la Baie-du-Tonnerre, à la Baie St-Paul, à Lennoxville, à St-François, à St-Fabien,

etc. Dans quelques uns de ces endroits, elle est exploitable. Celle de St-François est argentifère.

61. Chalcosine.

Sulfure de cuivre, l'un des plus riches minérais de cuivre. Orthorhombique. Dur. 2.5 à 3.0. Dens. 5.5 à 5.8. Se trouve en petite quantité dans plusieurs veines au Lac Supérieur et dans les Cantons de l'Est.

62. Chalcopyrite.

Quadratique. Octaèdre ou tétraèdre. Opaque. Eclat métallique. Jaune laiton, souvent irisé. Un peu fragile. Dur. 3.5 à 4. Dens. 4 à 4.3. Fond en globule magnétique avec odeur sulfureuse. Attaquable par l'acide nitrique. La solution précipite du sesquioxyde de fer par l'ammoniaque, le liquide surnageant étant d'un beau bleu. Sulfure double de cuivre et de fer. C'est le minérai de cuivre le plus ordinaire.

63. Philipsite.

Cuivre panaché. Composition analogue à celle de la Chalcopyrite. Système cubique. Plus dense que la Chalcopyrite. Mêmes réactions chimiques. Employée aussi comme minérai de cuivre.

Les sulfures doubles de cuivre et de fer sont très communs dans notre Province. Ils constituent le minérai de la plupart de nos mines de cuivre exploitées. Dans les Cantons de l'Est, ils existent en très grande quantité, en masses compactes.

Le *Falherz* ou *cuivre gris* est un sulfure très compliqué de cuivre, argent, arsenic, antimoine, fer et zinc, employé pour l'extraction du cuivre ou de l'argent.

64. Cinabre.

Rarement cristallisé en rhomboèdre; le plus souvent en masses grenues et terreuses. Rouge cochenille. Dens. 8.0 à 8.2. Se sublime entièrement. Le sublimé noir devient rouge quand on le frotte. Avec la soude, dans le matras, donne du mercure métallique. Soluble dans l'eau régale. Sulfure de mercure. C'est le seul minérai de mercure. Localité : Idria, Espagne et Californie.

65. Argyrose. *

Cubique. Opaque. Eclat métallique. Gris de plomb, noirâtre. Malléable et sectile. Dur. 2 à 2.5. Dens. 7.19 à 7.36. Sur charbon, fond en dégageant de l'acide sulfureux et se réduit en argent métallique. Attaquable par l'acide nitrique avec résidu de soufre. Sulfure d'argent. En cristaux généralement déformés. Exploitée comme minérai d'argent.

66. Pyrargyrite. *

Hexagonal. Translucide sur les bords ou opaque en masses. Eclat adamantin. Rouge carmin (*argent rouge*). Dur. 2 à 2.5. Dens. 5.75 à 5.85. Sur le charbon, donne des fumées d'antimoine et de l'argent métallique. Composition : sulfure d'antimoine et d'argent. Exploitée comme minérai d'argent.

67. Barytine.

Rhombique. Cristaux souvent tabulaires ou allongés. Un clivage facile. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanche, grise, jaunâtre. Dur. 3.3. Dens. 4.5. Fusible en émail blanc à réaction alcaline. Chauffée fortement à la flamme de réduction sur un fil de platine, une *très petite* quantité de Barytine colore la flamme en vert jaunâtre. Composition : sulfate de baryte. Se trouve en masses lamellaires fibreuses ou compactes. Employée pour la fabrication des sels de baryte. La Barytine se trouve en plusieurs endroits de la province de Québec. Dans les régions à phosphate d'Ottawa. Au nord du Lac Supérieur, dans la Beauce, à Port Daniel.

68. Anhydrite.

Rhombique. Prismes rectangulaires ou à peu près. Deux clivages faibles. Transparente ou translucide. Eclat vitreux, nacré sur les faces de facile clivage. Incolore, blanche, jaune, rouge. etc. Dur. 3 à 3.5. Dens. 2.85 à 2.96. Fusible en émail blanc avec une réaction alcaline. La masse fondue, humectée d'acide chlorhydrique, colore la flamme en rouge jaunâtre. Composition : sulfate de chaux anhydre. Se trouve en masses cristallines, fibreuses ou grenues. Employée quelquefois comme pierre à bâtir ou d'ornement.

69. Gypse.

Clinorhombique, fig. 51. Macles fréquents, fig. 52. Un clivage parfait suivant *g*. Transparent ou

translucide. Eclat vitreux, nacré. Incolore, blanc, jaune. Sectile. Flexible, élastique en lames minces.



Fig. 51. Fig. 52.

Dur. 1.5 à 2. Dens. 2.28 à 2.33. Donne de l'eau en devenant opaque. Fusible en émail blanc à réaction alcaline. La masse fondue humectée d'acide chlorhydrique colore la flamme en rouge. Très peu soluble dans l'eau, soluble dans un excès d'acide chlorhydrique étendu. Composition : sulfate de chaux hydraté. Se trouve en cristaux déformés, en masses grenues, fibreuses, compactes, terreuses. Le Gypse se rencontre en lits puissants dans Ontario et les provinces maritimes. Le plâtre de Paris est renommé pour sa beauté. Un Gypse finement grenu, translucide, a reçu le nom d'*Albâtre*. Il est employé pour la fabrication de statuettes, vases d'ornement, etc.

CHLORIDES

70. Sel-gemme.

Cubique. Clivage parfait. Transparent ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanc, gris, jaunâ-

tre, rouge, etc. Dur. 2. Dens. 2.2. Saveur salée. Soluble dans l'eau. Composition : chlorure de sodium. Se trouve en cristaux, en lits d'une grande épaisseur dans les formations triasiques et jurassiques, toujours avec le Gypse et l'Argile.

71. Argent corné.

Cubique. Eclat résineux, inclinant à l'adamantin. Gris de perle ou blanc. Devient brun au contact de l'air. Malléable et sectile. Dur. 1 à 1.5. Dens. 5.31 à 5.43. Sur le charbon se réduit à la flamme intérieure. Se réduit également sur une feuille de zinc humectée d'une goutte d'eau. Insoluble dans les acides. Composition : chlorure d'argent. En masses compactes ou disséminées. Mexique, Chili, Saxe. Excellent minérai d'argent.

FLUORIDES.

72. Cryolite.

Anorthique. Cristaux ayant l'aspect de prismes rectangulaires. Cassure inégale. Clivage un peu difficile. Translucide. Eclat vitreux, nacré. Blanche. Dur. 2.9. Dens. 2.95 à 2.97. Très fusible en un émail à réaction alcaline. Soluble dans l'acide sulfurique avec dégagement d'acide fluorhydrique. Composition : fluorure d'aluminium et de sodium. Em-

ployée pour l'extraction de l'aluminium. Groënland, où elle est alliée à la Galène, au Sidérose et au Calcaire.

73. Fluorine. *

Cubique. Ordinairement en cubes. Clivage octaédrique. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanche, verte, jaune, bleue, etc. Souvent dichroïque. Dur. 4. Dens. 3.1 à 3.2. Phosphorescente par la chaleur. Fusible en émail blanc, à réaction alcaline, et colore la flamme en rouge jaunâtre. Soluble dans l'acide chlorhydrique. Dégage de l'acide fluorhydrique sous l'action de l'acide sulfurique. Composition : fluorure de calcium. En cristaux, en masses grenues, bacillaires, rarement terreuses. Se trouve fréquemment dans les terrains canadiens : près du Lac Supérieur, à la Baie St-Paul, à la Malbaie, dans le rocher de la citadelle de Québec. etc.

ALUMINIDES.

74. Corindon.

Hexagonal. La base du prisme est couverte de stries triangulaires. Clivage assez net suivant les faces du rhomboèdre et la base. Transparent ou translucide. Eclat vitreux. Dichroïsme assez marqué dans certaines variétés, qui sont bleues, si on les regarde perpendiculairement à l'axe, et vertes, si on les regarde parallèlement. Dur. 9. Dens. 3.93 à

4.08. Infusible. La poudre humectée de cobalt donne un beau bleu. Insoluble dans les acides. Composition : alumine pure cristallisée. En cristaux, en masses clivables, compactes ou grenues. Se trouve à Ceylan, en Chine, en Sibérie, aux Etats-Unis, à Burgess. Les variétés roses sont appelées *Rubis*, les bleues *Saphirs*. Ces pierres ont une très grande valeur. Une variété finement grenue, d'un gris bleuâtre, souvent mêlée à du fer oxydulé, porte le nom d'*Emeri* et s'emploie en poudre, pour le taillage et le polissage du verre et de plusieurs pierres dures.

75. Spinelle.

Cubique. Octaèdre, fig. 53, souvent maclés. Transparent, translucide ou opaque. Eclat vitreux. Rouge, rose, bleu, vert, brun. Dur. 7.5 à 8. Dens. 3.5 à 3.9. Infusible. Insoluble dans les acides. Composition: combinaison des sesquioxydes de fer et d'alumine avec la magnésie et le protoxyde de fer. A Ceylan, en Italie, aux Etats-Unis, dans le canton de Burgess et près d'Ottawa.

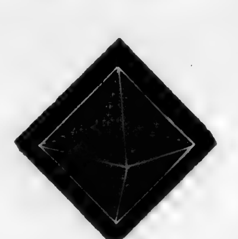


Fig. 53.

Le Spinelle est très précieux à cause de son éclat. Le *Rubis spinelle* est rouge vif comme le Corindon rubis. Le *Rubis balais*, rose, rouge vinaigre ou lie de vin, peut être confondu avec la *Topaze brûlée*. Les variétés noires sont appelées *Pléonaste*.

MANGANIDES.

76. Pyrolusite.

Rhombique ; petits cristaux aciculaires. Opaque. Eclat métallique. Noir de fer. Dur. 2.3. Dens. 4.8 à 5. Infusible. Perle violette à la flamme oxydante. Donne une masse verte avec la soude et le nitre. Dégage du chlore sous l'action de l'acide chlorhydrique. Composition : bioxyde de Manganèse. Employé pour fabriquer l'oxygène et dans les verreries. Se trouve en plusieurs endroits de la Province, associé à d'autres oxydes : sesquioxydes, *Manganite*, *Braunite* ; sesquioxyde hydraté *Acerdèse* qui est doux, infusible, et se trouve en nodule plus ou moins gros à l'état terreux, entre les feuillets de substances pierreuses. On le trouve à Tring, Stanstead, Ste-Marie, Ste-Anne de Beaupré, Cacouna, Québec, etc. *Hausmannite*, oxyde salin Mn^3O^4 ; à Tring, près de la rivière Famine, à Ste-Anne de la Pocatière, etc.

FERRIDES.

77. Fer.

A l'état natif dans les météorites, dans quelques laves de l'Auvergne et quelques roches éruptives du Groënland. Le fer des météorites contient toujours 4 à 16 p. 100 de nickel avec des traces de cobalt, cuivre, chrome, manganèse et soufre.

78. Oligiste.

Hexagonal. Forme variée. Opaque, en masses. Translucide en lames très minces. Eclat métallique. Noir de fer ou gris d'acier. Souvent irisé. Poussière rouge cerise. Dur. 5.9. Dens. 5.24 à 5.28. Quelquefois légèrement magnétique. Infusible. Dans la flamme réduisante devient noir et magnétique. Soluble dans l'acide chlorhydrique concentré. Sesquioxyde de fer anhydre. Les beaux cristaux d'Oligiste viennent de l'ile d'Elbe. Employé comme minérai de fer. Certaines variétés fibreuses servent à polir et à brunir les métaux. L'Oligiste terreux, *Ocre*, est employé en peinture.

Parmi les différentes formes que peut avoir le peroxyde, on distingue les variétés amorphes et terreuses, appelées *Hématites ;* les variétés formées de lamelles cristallines brillantes, juxtaposées, appelées par les membres de la commission géologique du Canada: minerai de fer micacé ; enfin on appelle *Fer spéculaire* les variétés en gros cristaux.

L'Oligiste est très répandu dans nos terrains laurentiens, moins cependant que la Magnétite. Une ile du lac Nipissing en renferme de grandes quantités. On en trouve des lits minces dans les grès de *Potsdam* et quelques nodules irrégulières dans les grès de la formation de *Sillery*, à St-Nicolas. Dans les terrains métamorphiques des Cantons de l'Est, l'Oligiste n'est pas rare. Il y affecte le plus souvent la forme micacée. Il est mélangé aux roches chloritiques, ou associé au Feldspath et au Cuivre pyriteux.

79. Fer titané.

On distingue plusieurs variétés de fer titané, composées toutes de sesquioxyde de fer et de sesquioxyde de titane. Tous ces minéraux cristallisent dans le système hexagonal. A cause de l'isomorphisme des deux sesquioxydes combinés, on trouve des fers titanés où l'oxyde de titanium varie de 10 à 50 p. 100.

Les Fers titanés sont désignés sous le nom de *Ménaccanite, Ilménite, Crichtonite*. Cristaux souvent tabulaires. Eclat métalloïde. Opaque. Agit faiblement sur l'aiguille aimantée. Dur. 5 à 6. Dens. à peu près 5. Infusible. Avec l'acide chlorhydrique concentré, à chaud, donne une solution jaune. Cette liqueur chauffée avec de l'étain en feuilles, prend à la fin une coloration violette, devenant rose si on ajoute de l'eau.

Le Fer titané est très abondant en certains endroits de notre Province. On le rencontre en petites quantités dans la plupart des fers spéculaires des Cantons de l'Est. Le principal dépôt est à St-Urbain. Là, un lit de 90 pieds d'épaisseur a pu être suivi sur une longueur de près d'un mille. Le minérai contient 48 p. 100 d'oxyde titanique. On en a essayé l'exploitation en grand, il y a quelques années, mais les travaux ont été plus tard abandonnés. On l'exploitait comme minérai de fer. Ces dépôts sont environnés de Feldspath anorthique.

80. Limonite.

On lui donne encore quelquefois le nom d'Hématite brune. Opaque, amorphe, quelquefois fibreuse. Brune

ou jaune. Dens. 3.4 à 3.95. Donne de l'eau. Mêmes réactions que l'Oligiste. Composition : sesquioxyde de fer hydraté. Contient une certaine quantité d'argile surtout dans les variétés terreuses. En stalactites, en masses compactes, grains oolithiques, rognons, etc. Employé comme minérai de fer. Les variétés terreuses jaunes, dites *Ocres jaunes*, sont employées en peintures.

Nous n'avons guère en Canada que les variétés terreuses. Ces minérais sont tous de formation récente et se trouvent à peu près à la surface du sol. Ils renferment souvent une proportion très notable d'acides organiques. Voici quelques localités où on les rencontre : sur les bords du lac Erié, à la côte St-Charles dans la seigneurie de Vaudreuil, à St-Thomas, à l'Ile Verte, au Saguenay, etc. Les forges du St-Maurice sont alimentées avec ce minérai. A Ste-Anne de Beaupré, on trouve ce minérai en voie de formation, et on peut suivre aisément les différentes transformations qu'il subit. Le dépôt y atteint une épaisseur de 17 pieds sur une surface de près de quatre arpents.

81. Magnétite.

Cubique. Octaèdre. Opaque. Eclat métallique faible. Noir de fer. Dur. 5.5 à 6.5. Dens. 4.9 à 5.2. Fortement magnétique, souvent magnéti-polaire. Infusible ; soluble dans l'acide chlorhydrique concentré. Composition : oxyde salin de protoxyde et de sesquioxyde de fer. En cristaux, masses compactes, sables. C'est le meilleur minérai de fer.

Nos roches laurentiennes renferment une grande quantité de Magnétite. On la trouve disséminée dans

les gneiss, mais le plus souvent associée aux calcaires. Le minérai laurentien est généralement pur. Cependant il est quelquefois mélangé avec un peu de Calcaire et de Mica. L'Actinote y existe aussi assez souvent. Dans les terrains métamorphiques des Cantons de l'Est, la Magnétite est abondante. Quelquefois ce sont des grains octaédriques disséminés dans des schistes chloriteux ; ailleurs elle est compacte, comme à Leeds et à St-François, Beauce. En ce dernier endroit, un lit puissant de Magnétite, entouré de Serpentine, n'est en réalité qu'un mélange de Magnétite et de Ménaccanite. La Magnétite pulvérulente existe en quantité immense sur la rive nord du bas St-Laurent. On l'a exploitée à Moisie pendant longtemps, par le procédé des forges catalanes.

STANNIDES.

82. Cassitérite.

Quadratique. Macles fréquents. Translucide ou opaque. Eclat adamantin. Résineux dans une cassure fraîche. Brune, jaunâtre, noire. Dur. 6 à 7. Dens. 6.8 à 7.1. Infusible. Sur le charbon, avec du cyanure de potassium, donne des grains d'étain. Composition : bioxyde d'étain. En cristaux, en masses compactes, concrétionnées, en grains roulés dans les sables. Le seul minérai d'étain.

CUPRIDES.

83. Cuivre.

Cubique. Eclat métallique. Rouge cuivre. Ductile et malléable. Dens. 8.94. En cristaux, en masses dendritiques, laminaires et compactes. Les gisements les plus riches se trouvent au sud du Lac Supérieur. On l'a aussi rencontré en petite quantité dans certains schistes le long de la rivière Etchemin, près de St-Henri, et dans une diorite amigdaloïde, à St-Flavien.

84. Cuprite.

Cubique. Octaèdre, cube. Translucide. Eclat adamantin. Rouge cochenille plus ou moins foncé. Poussière rouge brun. Fragile. Dur. 3.5 à 4. Dens. 5.7 à 6. Sur le charbon se réduit à l'état métallique. Soluble dans l'acide chlorhydrique en une liqueur verte précipitant en blanc par l'addition de l'eau. Composition : cuivre oxydulé, Cu^2O. En cristaux, en masses lamellaires, grenues et terreuses. Employé pour l'extraction du cuivre.

ARGYRIDES.

85. Argent.

Cubique. Eclat métallique. Blanc d'argent. Malléable. Dur. 2.5 à 3. Dens. 10.1 à 11.1. Fusible.

Soluble dans l'acide nitrique. Précipite par les chlorures. Contient souvent des traces de cuivre, d'or, de mercure, d'arsenic, etc. En cristaux et en masses compactes. L'*Argent arsénifère* contient 11 p. 100 d'arsenic et un peu de mercure. L'*Argent bismuthifère* contient 15 p. 100 de bismuth. L'argent se trouve au Lac Supérieur, à Silver Islet, allié quelquefois au cuivre natif.

PLATINIDES.

86. Platine.

Cubique. Eclat métallique. Gris d'acier. Ductile. Dur. 4 à 5. Dens. 17.5 à 19. Infusible. Soluble dans l'eau régale. Renferme souvent 5 à 13 p. 100 de fer et de petites quantités d'iridium, de rhodium, de palladium, d'osmium et de cuivre. Dans les sables d'alluvions. On dit l'avoir trouvé à la Rivière-du-Loup en compagnie de l'or natif et de l'*Iridosmine*, composé d'iridium et d'osmium.

AURIDES.

87. Or.

Cubique. Eclat métallique. Jaune d'or. Ductile, malleable. Dur. 2.5 à 3. Dens. 15.6 à 19.4. Fusible.

Renferme souvent de l'argent, de 1 à 16 p. 100. En cristaux, en grains ou pépites, dans les quartz, gneiss, micaschistes, dans les sables d'alluvion. L'or se trouve à la Nouvelle-Ecosse, dans plusieurs endroits de la Province, spécialement à la Beauce. On l'extrait des veines de quartz, *v. g.*, au Rapide-du-diable, à St-François, et le plus souvent d'anciennes alluvions, recouvertes par des alluvions plus récentes. L'or de la Beauce renferme une assez forte proportion d'argent.

SECONDE PARTIE

GÉOLOGIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

Définition.—La Géologie est l'histoire physique du Globe.

S'il est vrai de dire que chaque animal, chaque plante a son histoire, en ce sens qu'on peut suivre pas à pas le développement de cet être, depuis l'état embryonnaire jusqu'à celui d'individu parfait, on peut affirmer, par analogie, que les êtres bruts, les cristaux, ont aussi une origine et un développement spécial, se faisant d'après certaines lois particulières. Cette histoire généalogique des minéraux est beaucoup plus simple que celle des êtres vivants, car ils ont à subir moins de transformations avant d'atteindre leur constitution définitive : une seule molécule étant suffisante pour qu'un corps brut existe avec ses propriétés caractéristiques.

La terre, qui est à la fois le siège des deux grands règnes de la nature, celui des êtres vivants et celui des êtres bruts, n'est pas sortie des mains du Créateur telle qu'elle nous apparaît maintenant. Elle a donc aussi son histoire. Créée *sans forme et stérile,* elle a eu à subir une série de transformations, de modifications, qui l'ont faite ce qu'elle est ; et cela, sous l'œil de la Providence divine qui a présidé à ces révolutions terrestres. Dieu était là, perfectionnant peu à peu son ouvrage, et mettant en jeu ces admirables lois, encore inconnues pour la plupart, qui devaient par leur seule fécondité, créer tant de merveilles. Car la matière inconsciente ne peut rien par elle-même, elle est essentiellement inerte ; si donc le jeu de ces ressorts merveilleux a pu faire éclore un monde aussi beau que le nôtre, quel autre être que Dieu a dû en établir les lois et forcer la matière à les suivre.

Objet de la Géologie.—Tracer aussi exactement que possible l'histoire de cette évolution de la terre, voilà le but de la Géologie. Appuyés sur les données que l'observation et l'expérience mettent à notre disposition, nous enrégistrerons une à une les phases par lesquelles a passé notre globe. Le champ est immense, et la tâche, ardue : d'autant plus que les monuments qui nous restent des différentes époques à étudier, sont loin d'être complets et intégralement conservés. Cependant n'y eût-il que l'idée d'attaquer un problème si difficile, si élevé, que ce serait déjà assez pour tenter un admirateur de la nature. Dieu en créant le monde, *l'a livré à nos investigations ;* il semble donc que l'étude de notre globe, dans les vues

mêmes de la Providence, soit un des buts les plus parfaits que nous puissions nous proposer dans les recherches scientifiques.

Le géologue a besoin de plusieurs sciences pour résoudre d'une manière plus satisfaisante les difficultés qui tendent à paralyser ses efforts. La chimie lui fera connaître les lois présidant aux combinaisons et aux décompositions chimiques ; la physique lui fera apprécier à sa juste valeur le rôle des divers agents de la nature : chaleur, électricité, etc. A l'astronomie, il devra de connaître les relations de notre globe avec le reste de l'univers. Pour l'étude plus approfondie de l'écorce terrestre, il lui faudra le secours de la minéralogie. Enfin, sans la connaissance de la botanique et des diverses branches de la zoologie, il lui serait impossible de se faire une idée du développement de la vie à la surface de la terre, des diverses formes sous lesquelles elle s'est successivement manifestée, et comment ces formes ont été de plus en plus parfaites dans cette longue série qui s'étend depuis l'humble *eozoon* jusqu'à l'homme.

Cependant pour acquérir des notions générales de Géologie, une connaissance approfondie des sciences que nous avons énumérées plus haut n'est pas nécessaire. Nous avons la confiance que, dans le cours de cet ouvrage, très peu de points resteront obscurs, même pour celui à qui ces diverses sciences seraient jusqu'à un certain point étrangères.

DIVISIONS.

La Géologie peut se partager en quatre parties : 1° la Géologie *physiographique*, qui étudie les traits

extérieurs du globe terrestre. 2° La Géologie *lithologique*, qui étudie les diverses roches qui composent la croûte terrestre, recherche leur origine et les modifications qu'elles ont subies. 3° La Géologie *dynamique*, qui étudie les forces, les agents qui ont contribué autrefois et qui contribuent encore de nos jours à former les lits géologiques ou à les modifier. 4° La Géologie *historique*, qui trace l'histoire du globe terrestre, c'est-à-dire, nous fait connaître l'ordre de succession des différentes époques géologiques avec leurs caractères distinctifs.

LIVRE PREMIER.

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Conditions astronomiques du globe terrestre.

La terre est isolée dans l'espace et fait partie du système planétaire dont le soleil est le centre. Elle fait sa révolution autour de cet astre en 365¼ jours : c'est l'année astronomique. De plus elle tourne sur elle-même en 24 heures. Autour de la terre circule un autre astre, la lune, qui fait sa révolution en 30 jours. Et comme le soleil, centre de ce double système, est lui-même emporté dans l'espace et tourne autour d'un centre encore inconnu, la terre et la lune le suivent dans son déplacement, et, par conséquent, ne passent jamais deux fois au même point ; ou bien, si elles y passent, ce n'est qu'après un nombre d'années tellement grand qu'elles sont complètement modifiées.

CHAPITRE DEUXIÈME.

Volume, reliefs du globe terrestre.

Volume et forme de la terre.—Le diamètre de la terre est d'environ 7,920 milles. En comparant un rayon équatorial avec un rayon polaire, on trouve que ce dernier est à peu près de 13 milles plus court que le rayon équatorial. Il suit de là que la terre n'est pas une sphére réguliere, mais qu'elle est aplatie vers les pôles et renflée à l'équateur. Les plus hautes montagnes du globe n'affectent pas sensiblement cette forme générale de la terre.

Quelle est la cause de ce renflement équatorial ?—On l'attribue généralement à l'état primitivement liquide du globe, le renflement étant un effet de la force centrifuge développée par la rotation de l'astre sur lui-même. Ce qui donne une plus grande force à cette opinion, c'est que les planètes qui, comme Jupiter, tournent plus vite que la terre, sont beaucoup plus aplaties ; parce que, dit on, elles ont été primitivement soumises à une force centrifuge plus grande.

Cependant, si on examine les choses de plus près, cette forme du globe ne prouve pas rigoureusement l'état primitivement liquide du globe. En effet, supposons le globe terrestre absolument sphérique et ne tournant pas sur lui-même. Les mers se distribueront régulièrement à sa surface et tout sera recouvert d'eau depuis les pôles jusqu'à l'équateur. Faisons ensuite tourner ce globe sur lui même. Immédiatement les eaux s'accumulent à l'équateur et les pôles terrestres émergent sous forme de continents. Mais alors qu'ar-

rive-t il ?—Les agents atmosphériques attaquent immédiatement ces terres polaires, les usent, les rongent de diverses manières, et leur débris sont transportés par les courants dans les mers équatoriales où ils se déposent en amas de plus en plus puissants. Peu à peu cette érosion des continents du nord et du sud raccourcit le rayon polaire, augmente le rayon équatorial, et la terre prend la forme d'un ellipsoïde de révolution.

D'ailleurs, ce renflement de notre terre est loin d'être aussi régulier qu'on l'avait d'abord supposé. En plusieurs endroits il y a des dépressions, ailleurs des turgescences, qui nuisent à la régularité de la forme générale.

Donc cette forme spéciale de la terre ne peut pas rigoureusement être donnée comme une preuve de l'état primitivement fluide du globe ; mais elle n'ajoute ni ne retranche rien aux preuves qui peuvent être tirées d'autres données géologiques.

Grandeur et position relative des continents et des océans.—L'étude des dimensions relatives des terres et des mers ainsi que de la position particulière des continents conduit à de curieux résultats. En premier lieu, à la surface de notre sphère, il y a 8 parties d'eau pour 3 de terre. Au nord de l'équateur la surface des continents est trois fois plus grande qu'au sud ; et c'est dans la zone tempérée septentrionale, que se trouve le maximum des terres, leur surface totale égalant dans cette zone celle de la mer. Dans la zone torride la surface terrestre n'est que le tiers de la surface océanique, elle n'en est plus que le dixième dans la zone tempérée méridionale.

Il est encore remarquable de voir tous les continents groupés autour du pôle nord, et les océans couvrir une grande partie de l'hémisphère sud. Les grandes masses continentales se terminent toutes en pointe vers le sud. Elles forment comme deux groupes distincts. L'un occidental, constitué par les deux Amériques, l'autre oriental, formé par ces vastes surfaces où les géographes placent l'Europe, l'Asie, l'Afrique et l'Océanie. Cette dernière n'est probablement que les restes d'un continent qui s'enfonce peu à peu sous les eaux et dont les sommets les plus élevés, grâce à leur hauteur, grâce aussi au travail des coraux polypiers, dépassent encore la surface des mers.

Entre ces masses continentales existent des relations très frappantes. A part le fait qu'elles se terminent toutes au sud par une pointe de terre de plus en plus étroite, nous nous contenterons de signaler la grande analogie qui existe entre l'Amérique du sud et l'Afrique. Séparés par l'Atlantique-sud, ces deux continents sont à peu près symétriques géométriquement. On dirait que l'un est l'image de l'autre ; et de fait, si on supposait à l'est de l'Amérique du sud, au milieu de l'océan, un gigantesque miroir où l'œil pourrait embrasser d'un coup l'image de toute l'Amérique, cette image ressemblerait tout à fait au continent Africain. Il n'y a pas jusqu'au fleuve des Amazones qui n'ait son symétrique dans le Congo, relevé dernièrement par M. Stanley.

Nous avons dit que les océans sont groupés vers le sud. C'est de la zone antarctique que partent ces deux bras de mer gigantesques, dont l'un, l'océan

Atlantique, sépare l'Amérique de l'Europe, et l'autre, l'océan Pacifique, l'Amérique de l'Asie. Quel que soit le volume absolu de ces deux masses aqueuses, il est beaucoup plus faible que le volume d'eau énorme accumulé autour du pôle sud.

Peut-on trouver une cause à ce défaut de symétrie dans la distribution des continents et des océans? Evidemment, on ne peut rien affirmer d'absolument certain ; voici cependant les opinions émises à ce sujet par certains géologues. Les uns croient qu'il n'est pas impossible que cette accumulation de l'eau au pôle sud, ne soit un résultat de l'oscillation de l'axe de la terre, oscillation connue en astronomie sous le nom de *précession des équinoxes*. D'autres disent que l'érosion a été plus forte au pôle sud qu'au pôle nord, sans toutefois expliquer cette différence. D'autres affirment que le centre de gravité de notre globe se trouve un peu au sud de son centre de figure. Et comme le centre de gravité est en même temps le centre d'attraction, la masse des eaux est ainsi transportée sensiblement vers le sud.

Relativement à la distribution des terres et des mers à la surface du globe, un autre fait assez curieux, c'est que si, en prenant pour centre un point placé sur les côtes anglaises de la Manche, on trace un grand cercle sur la sphère, ce cercle comprendra presque tous les continents du globe, l'autre hémisphère n'étant guère couvert que par l'océan.

Hauteur moyenne des continents.—De Humbolt croyait que la hauteur moyenne de tous les continents, à part l'Afrique et l'Australie, était d'environ 1000

pieds. Cette affirmation reste encore vraie même si on l'étend aux deux continents insuffisamment connus de De Humbolt. Or les océans ont une surface 8 fois plus grande que celle des continents. Si donc on transportait dans l'océan toute la masse continentale qui dépasse le niveau de la mer, on n'élèverait le fond de l'océan que de 375 pied[illegible] en faudrait 40 fois autant pour combler les dépr[illegible]ions océaniques. Et si on faisait disparaître toutes les inégalités à la surface de notre terre, l'océan renferme assez d'eau pour couvrir alors le globe d'une couche liquide épaisse de 8000 à 9000 pieds.

Les continents en particulier n'ont pas tous même hauteur moyenne. La hauteur moyenne d'un continent est celle qu'on obtiendrait en distribuant régulièrement sur toute sa surface les masses des montagnes ou des plateaux qui le sillonnent. Voici la hauteur des différents continents: Europe 670 pieds, Amérique du nord 740, Amériqu[illegible] sud 1132, Asie 1150, Afrique probablement 1600 [illegible]stralie peut-être 500.

Ce ne sont pas tant les montagnes qui contribuent à augmenter la hauteur moyenne des continents que les plateaux, immenses surfaces élevées, pouvant jusqu'à un certain point être considérées comme d'autres continents par rapport aux plaines basses qui les entourent. Si on distribuait sur la surface de l'Europe toute la masse des Alpes, on n'augmenterait la hauteur du continent que de 22 pieds. Les Pyrénées ne le hausseraient que de 6 pieds.

Profondeur des océans.—Les océans sont contenus dans de vastes dépressions dont la profondeur varie de 1000 à 30,000 pieds. La profondeur moyenne

de l'océan est évaluée à environ 15,000 pieds. Celle de l'Atlantique nord-est de 12,000 pieds et celle du Pacifique nord de 16,200. La profondeur dans un même océan varie quelquefois beaucoup entre deux endroits peu éloignés. Ainsi, au nord des Bermudes, il y a un abîme de 25,500 pieds, là où la profondeur moyenne de l'Atlantique n'est que de 12,000. La profondeur de l'Océan entre la Grande Bretagne et l'Islande est presque partout moindre que 600 pieds. Elle ne dépasse jamais 6000 pieds. Entre l'Irlande et Terreneuve se trouve le plateau télégraphique dont la profondeur varie de 6000 à 15,000 pieds.

Pour nous former une idée exacte des dépressions océaniques, supposons un moment que toute l'eau disparaisse de la surface de la terre. Alors apparaissent d'immenses cavités, larges de milliers de milles, creuses de 10,000, peut-être de 50,000 pieds. Les continents sont tous des plateaux entourés par un grand bassin très irrégulier. En partant des points les plus bas, il faut gravir des hauteurs de 5 milles pour atteindre les bords des continents actuels. Une seconde ascension de 5 milles nous conduirait au sommet des plus hautes montagnes. Tous nos continents sont complètement inhabitables à cause du froid des hautes régions où ils se trouvent ainsi transportés. Maintenant que la main de Dieu nivelle ces rugosités en jetant sur notre globe une vaste plaine liquide. Les hauteurs sont comme abaissées de plus de moitié, les climats *excessifs* disparaissent, la surface du globe devient habitable, grâce à sa température, grâce aussi aux nuages qui se forment de l'océan, pour fournir l'humidité aux végétaux et alimenter les

rivières. Enfin cette plaine liquide sert encore comme de trait-d'union entre les peuples les plus éloignés, en facilitant le commerce et l'échange des connaissances de toute espèce.

Limites des continents.—La ligne où viennent battre les flots de l'océan n'est pas toujours celle qui sépare exactement un continent de l'océan voisin. Assez souvent la surface continentale se prolonge, à une faible profondeur sous les eaux, à une distance assez considérable, jusqu'à ce qu'enfin arrive un abîme qui marque le commencement de la véritable dépression océanique. C'est ainsi que l'Amérique du nord, à la hauteur du New-Jersey, se continue de 60 à 80 milles sous l'Atlantique. A cette distance des côtes, la profondeur n'est que de 600 pieds, la pente n'étant que de 1 pied par 700 pieds. De même les sondages faits au nord et à l'ouest de la France ont prouvé que le Danemark, l'Angleterre, la France et l'Espagne constituent en réalité une seule masse continentale dont une portion est ensevelie à une faible profondeur sous les eaux. La ligne de séparation entre le continent asiatique et l'Océanie est de même parfaitement définie et passe au nord de la Nouvelle-Guinée et des Célèbes. Au nord de cette ligne les iles se rattachent à l'Asie, au sud à l'Océanie. Ces ensevelissements partiels des continents sous les eaux se retrouvent à toutes les périodes géologiques.

Distribution des reliefs à la surface des continents.—En donnant plus haut la hauteur moyenne des continents, nous ne nous sommes pas occupés de la forme que pouvaient avoir leurs surfaces. Cette

forme est remarquable. En général les continents peuvent être considérés comme des plateaux terminés sur leurs bords par des chaînes de montagnes. Nous nous contenterons de donner les sections des deux Amériques, dans lesquelles cette structure est parfaite.

La figure 54 est une section de l'Amérique du nord,



Fig. 54.

de l'ouest à l'est. En *a* est la chaîne Washington et de plus celle de la côte; en *b*, les Montagnes Rocheuses avec leur double crête; en *c*, le Mississipi, et en *d*, la chaîne des Appalaches. La figure 55 est



Fig. 55.

une section de l'Amérique du sud. En *a*, sont les Cordilières des Andes avec les plateaux si élevés qu'elles contiennent; puis au centre, l'immense plaine de l'Amazone, de l'Orénoque, du Rio de la Plata ; à l'est, en *b*, les petites montagnes du Brésil, qui ressemblent tant aux Appalaches.

Une section de l'Asie, faite du nord au sud, diffère notablement de celles que nous venons de donner de l'Amérique. La forme générale est plutôt celle d'une pyramide irrégulière surbaissée dont le sommet serait

les hauteurs de l'Himalaya. Nous la donnons, fig. 56.



Fig. 56.

En *a* sont les plateaux des Indes Anglaises, en *b* l'Himalaya, en *c* la chaîne de Kuen-Lun et, entre ces deux chaînes, les plateaux du Thibet; de *c* en *d* la Mongolie et le Désert de Gobi ; en *d* les monts Altaï puis les plaines sibériennes jusqu'à la mer glaciale. L'Afrique, l'Australie, ont des surfaces dont le relief est tout à fait analogue aux sections américaines que nous avons données plus haut.

MONTAGNES, CHAÎNES DE MONTAGNES.—En examinant plus en détails ces différentes protubérances terrestres, on leur trouve souvent des formes spéciales et des dispositions régulières qui méritent d'être étudiées de plus près.

Les montagnes sont rarement isolées comme le sont la montagne de Montréal, celle de Belœil, etc. Le plus souvent, on en trouve plusieurs groupées ensemble et formant ce qu'on appelle une chaîne de montagnes. Une chaîne de montagnes peut être composée d'un ensemble de pics isolés, disposés suivant une ligne plus ou moins régulière. Mais le plus souvent, l'examen attentif de leur structure montre comme une série d'ondulations se répétant parallèlement sur une certaine étendue, fig. 57, ou bien encore accolées bout à bout dans le sens de la longueur de la chaîne. Cette dernière disposition est très remar-

quable dans les monts Notre-Dame, placés dans la partie sud-est de notre Province, et qui ne sont en réalité que l'extrémité des monts Appalaches. Dans les Laurentides au contraire, il est à peu près impos-



Fig. 57.

sible de trouver des séries régulières d'ondulations de terrain. Les élévations sont accolées pêle-mêle, sans qu'on puisse saisir une orientation générale bien définie dans les lignes de leurs arêtes. Les Montagnes Rocheuses ont une structure qui se rapproche de celle des Appalaches. Elles sont constituées par une série d'ondulations de plus en plus élevées, se succédant les unes aux autres, et accolées latéralement en plus ou moins grand nombre.

Dans la figure 58, les lignes blanches représentent des ondulations dont l'ensemble constitue une chaîne. On voit comment leur position relative peut donner naissance à une



Fig. 58.

chaîne droite ou courbe, tout en ayant chacune isolément la même direction. Au point *b* on peut voir des chaînons transversaux, qui viennent souvent compliquer l'étude d'un système particulier de montagnes. Il va sans dire que la hauteur d'une chaîne de montagne est loin d'être régulière. Les différentes arêtes s'affaissent et se soulèvent successivement, et la surface d'une contrée montagneuses ressemble assez à celle que prendrait la mer si on pouvait instantanément solidifier l'eau agitée par une assez forte brise.

Les pentes des montagnes sont rarement égales de chaque côté. Cela en général tient à la disposition même des couches de roches qui constituent la montagne.

Plateaux.—Lorsque deux chaînes de montagnes se rapprochent, assez souvent l'espace intermédiaire forme une plaine élevée appelée plateau. Dans l'Amérique du nord, un des principaux plateaux est le *Grand Bassin,* situé entre le Lac Salé et la Sierra Nevada. Sa hauteur varie de 4000 à 4500 pieds. Le plateau du Thibet est à 10,000 ou 11,000 pieds de hauteur. Le grand plateau du Mexique, où est la capitale Mexico, a une élévation moyenne de 7000 à 4000 pieds. Le plateau de Quito, dans les Andes, est à 10,000 pieds Il est entouré d'une couronne de volcans, le Chimboraço, le Pichincha, le Cotopaxi, etc., qui atteignent 15,000, 18,000, 20,000 pieds et au-delà.

Plaines.—Les parties des continents qui ne sont pas sillonnées de montagnes portent le nom de plaines. Celles-ci à leur tour sont désignées sous différents noms, suivant l'aspect qu'elles présentent. Ce sont des *prairies,* si leur surface se couvre d'herbes

longues et abondantes, comme à Manitoba. Les *déserts* sont des plaines à surface aride, constituées par des rochers ou des monticules de sables, et sur lesquelles aucune plante ne peut végéter. Tels sont les déserts de Sahara, de Gobi, etc. Les *steppes* herbeux de la Hongrie, ceux qui entourent la mer Caspienne et le lac d'Aral, les *landes* de Gascogne, les *llanos* et les *pampas* de l'Amérique du sud sont autant de plaines, caractérisées par une physionomie particulière.

Relation entre la hauteur des chaînes de montagnes et la profondeur des mers voisines.—Il est facile de constater un fait assez remarquable qui a rapport aux dimensions des océans et à la hauteur des chaînes qui se dressent sur leurs rivages. Une grande masse montagneuse avoisine toujours un grand océan, et une chaîne plus petite borde une mer plus étroite. Cette disposition est frappante pour les deux Amériques. Sur la côte ouest, près du Pacifique, se dressent les massifs des Montagnes Rocheuses et des Cordilières, tandis qu'à l'est, sur les bords de l'Atlantique, qui n'est guère qu'un bras de mer comparé au Pacifique, s'étend la maigre chaîne des Appalaches et des montagnes du Brésil. En Asie les monts Himalayas, les plus hautes montagnes du monde, sont placés du côté de l'Océan indien, l'océan le plus profond. En Afrique les montagnes de la côte orientale sont beaucoup plus fortes que celles de la côte occidentale. On dirait que la force qui a creusé le lit des océans a réagi sur les rivages continentaux, de manière à y produire des rides, dont les dimensions fussent en rapport avec celles de la cavité océanique qui les entoure.

Ces masses de montagnes qui atteignent des hauteurs de quatre ou cinq milles et qui s'étalent sur des milliers de lieues en superficie, ne sont pourtant presque rien si on les compare au volume de la terre. Sur un globe de deux pieds de diamètre, une chaîne comme celle-là aurait une épaisseur d'à peu près un soixantième de pouce ! C'est donc une grande exagération que de comparer ces légères aspérités aux rugosités qui recouvrent l'écorce d'une orange.

La figure 59 est une section transversale des Mon-



Fig. 59.

tagnes Rocheuses. Elle montre comment ces montagnes, qui ont jusqu'à 14,000 pieds de hauteur, sont limitées par des pentes très douces et constituent un renflement très peu marqué à la surface du continent américain. Le fait devient encore plus frappant quand on sait que, dans cette section, l'échelle des hauteurs est 70 fois plus grande que celle de la largeur, et que, pour avoir une juste idée du profil de cette puissante chaîne, il faudrait, la longueur de la section restant la même, mettre le plus haut sommet à un quinzième de millimètre au-dessus de la ligne horizontale !

LIVRE DEUXIÈME.

GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Roches, leur différentes espèces.

Lorsqu'on pénètre au fond de l'océan, lorsqu'on creuse le sol arable, on trouve à une distance variable une partie plus dure, plus résistante, qu'on appelle le roc. Ce roc, bien qu'on ne puisse pas le voir partout, recouvre toute la surface de la terre. Le plus souvent on le trouve composé de feuillets rocheux, d'épaisseur, de composition, de consistances très variées, et superposés les uns aux autres. Tel est le roc de Québec et de toute la partie est de la Province. Tels sont encore le calcaire et les schistes des environs de Montréal. Ailleurs le roc se rencontre en masse plus homogènes, plus compactes. Si l'on voit encore des traces de feuillets, ces derniers sont durcis et intimement soudés les uns aux autres. Exemple : le roc des Laurentides, au Cap Tourmente, à St-Jérôme ; les schistes cristallins des Cantons de l'Est, etc. Enfin on trouve des masses rocheuses qui n'ont pas même l'apparence d'une stratification quelconque. Elles sont dures, cristallines, et semblent avoir été

soumises à une très forte chaleur, quelquefois même on dirait qu'elles ont été complètement fondues. Exemple : le roc compacte de la montagne de St-Anselme, des montagnes de Montréal, de Belœil, de Rougemont, etc. Ces apparences nous permettent d'etablir certaines distinctions qui rendront plus facile l'étude des roches qui composent la croûte terrestre.

On appelle *roche* en géologie, toute masse minérale qui se rencontre en amas tellement considérable qu'il faille en tenir compte dans l'étude des terrains géologiques. Quelquefois les roches seront dures : le Granite, les Grès, le Trapp, etc., quelquefois elles seront très friables : Argiles, Sables, etc. L'état physique et la composition chimique, quelque variés qu'ils soient, n'empêchent pas une substance d'être classée parmi les roches du moment qu'on la trouve en grande quantité à la surface du globe. Géologiquement parlant, l'air, l'eau, sont des roches, à plus forte raison, les sables, le sol arable, etc.

Minéraux constitutifs des roches.—Ces minéraux sont relativement peu nombreux, nous ne ferons que les énumérer ici, on en trouvera la description dans la partie minéralogique de cet ouvrage. Ces espèces minérales sont : le Quartz, les Feldspaths, les Micas, les Amphiboles et les Pyroxènes, les Grenats, la Tourmaline, l'Andalousite, le Talc, la Serpentine, le Carbone, le Calcaire, la Dolomie, les Argiles et quelques autres moins importantes.

En tenant compte des apparences que nous constations dans les roches dès le commencement de cette étude, on peut les partager en trois catégories, les roches *neptuniennes*, *métamorphiques* et *plutoniques*.

Roches neptuniennes ou de sédiment. — Ce sont des roches qui se sont déposées au sein des eaux et qui n'ont pas été profondément modifiées dans leur texture ou leur composition par l'action des agents physiques ou chimiques.

Caractères distinctifs.—Ces roches forment des terrains qui sont toujours stratifiés. Elles doivent cette disposition à leur origine même. Du moment qu'une roche résulte de dépôts se faisant au sein des eaux, ces dépôts sont nécessairement une masse de lits superposés, d'épaisseur et de composition variables, suivant la quantité et la nature des minéraux charroyés par les eaux. Elles sont encore caractérisées par deux espèces de débris : fragments de roches plus anciennes et restes d'êtres vivants. Les matières en suspension dans l'eau, sont le plus souvent des sables, des argiles, qui résultent de l'usure ou de la décomposition des roches avoisinantes, et qui sont charroyés par les rivières et les fleuves. De plus les carcasses d'animaux peuvent être mêlées à ces dépôts, et rester là comme échantillons des espèces qui vivaient sur la terre lorsque ces terrains de sédiment se formaient.

Principales roches neptuniennes.—Ces roches sont calcaires, siliceuses ou argileuses. Ces trois groupes forment à eux seuls des roches, ou encore se mélangent ensemble pour donner lieu à des roches composées. Le nombre des espèces de roches neptuniennes est donc considérable. Voici les principales :

Grès.—Les grès ne sont rien autre choses que des lits de sable solidifiés. La présence d'un peu de ses-

quioxyde de fer ou de silicate de protoxyde de fer, leur donne différentes teintes jaunes, brunes, rouges, verdâtres, etc. Les variétés les plus pures et les plus dures, comme nos grès de Potsdam, sont souvent appelées *quartzites.* Il n'est pas impossible que quelques quartzites doivent leur dureté à un commencement de métamorphisme. On dirait quelquefois que les grains se sont compénétrés, comme à la suite d'un commencement de fusion. La matière qui a cimenté le sable est un solution minérale souvent calcaire, quelquefois siliceuse.

Conglomérats—Augmentons le volume des particules d'un grès, varions leur composition et nous aurons un conglomérat. On appelle souvent le conglomérat du nom de *poudingue.* Les conglomérats abondent dans le Groupe de Québec. Il y a à la Pointe-Lévis et ailleurs, des lits puissants de conglomérats magnésiens. On appelle plus particulièrement *brèche* des conglomérats à fragments anguleux.

Schistes.—Ce terme est très général et désigne plutôt une structure qu'une espèce de roche en particulier. On peut prendre comme type de ces roches, l'ardoise, qui n'est qu'une argile durcie. Les lits d'ardoise se fendillent facilement et avec une certaine régularité, fig. 60. La couleur de l'ardoise varie ; en général elle est sombre vu le mélange d'un peu d'oxyde de fer ou de matières charbonneuses ou bitumi-

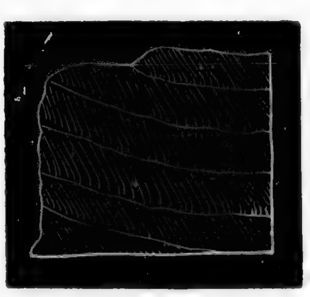


Fig. 60.

neuses. Il y a des carrières d'ardoises exploitées dans les Cantons de l'Est, quelques autres pourraient l'être aux environs de Québec.

Les schistes prennent différents qualificatifs suivant la nature de la substance qui est mélangée à l'argile. Ainsi, à part les schistes *argileux* proprement dits, nous avons les schistes *talqueux*, auxquels le talc communique son toucher onctueux, les schistes *chloriteux*, *siliceux* qui contiennent du sable, *calcaires*, *carburés*, etc. Ces derniers peuvent quelquefois servir de combustibles. Les schistes *micacés*, *talqueux*, *chloriteux*, sont regardés comme des roches métamorphiques.

Calcaire.—Voilà sans contredit une des roches qui se rencontrent le plus fréquemment. Elle se présente sous une foule d'aspects différents. Elle peut être amorphe ou cristalline. Sa composition essentielle est du carbonate de chaux, mais il est bien rare que le calcaire ne renferme pas, sous forme d'impureté, plusieurs substances étrangères, comme du sable, des matières bitumineuses, etc. Le calcaire de Beauport, qui se retrouve à une foule d'autres endroits du Canada, est remarquablement riche en bitume. Les variétés cristallines constituent les marbres, quoique ce nom soit donné assez souvent à n'importe quelle roche à structure compacte et à grain fin, susceptible d'être polie. Les formations laurentiennes du Canada sont riches en marbres, malheureusement la présence de cristaux de pyroxène ou de mica leur enlève souvent beaucoup de leur valeur.

Tuf calcaire, Travertin.—L'eau chargée de l'acide carbonique provenant de l'atmosphère ou de matières organiques en décomposition, peut aisément dissou-

dre le calcaire, mais les bicarbonates qui se forment ainsi sont facilement décomposables. Quelquefois, la simple exposition à l'air suffit pour provoquer cette décomposition et produire un dépôt de calcaire. Ces dépôts sont souvent poreux, quelquefois grossièrement cristallins, comme dans quelques stalactites et stalagmites. Les lits calcaires qui originent de ces sources sont désignés sous le nom de *Tufs calcaires* ou *Travertins*.

Les *Dolomies,* mélanges des carbonates de chaux et de magnésie, constituent souvent à elles seules des assises puissantes. Les *Dolomies* se rencontrent abondamment en Canada.

Le calcaire présente encore la structure oolithique. S'il renferme 15 ou 20 p. 100 de matières argileuses, il constitue la pierre à ciment. Si la quantité d'argile augmente et que la roche soit friable, on a les *marnes calcaires* ou *argileuses,* suivant que le calcaire ou l'argile prédomine. Les marnes se trouvent à Lorette, en différents endroits du district de Rimouski, etc.

Enfin les *Argiles* sont encore des roches neptuniennes, ainsi que les *Houilles,* le *Gypse* et le *Sel-gemme.* Nous les avons décrites en Minéralogie.

Origine des roches neptuniennes.—Quelques-unes ont une origine purement mécanique; tels sont les grès, les conglomérats, quelques argiles. Sous l'influence de diverses causes, les rochers préexistants se réduisent en fragments plus ou moins gros, constituant les graviers, les s[illegible] argiles. Ces fragments sont tran[illegible] aux, et lorsque le courant est trop [illegible] pour les maintenir en suspen-

sion, ils tombent au fond pour y former de nouvelles roches.

Certains calcaires, les travertins, ont une origine chimique. Cependant il y a des raisons de croire que les calcaires qui sont dus à cette cause sont rares.

Les acides que renferme l'humus ont sur les roches une action décomposante très remarquable. C'est à eux que, d'après bon nombre de minéralogistes, on devrait la formation incessante des dépôts considérables de limonites qui semblent inépuisables, vu qu'ils se régénèrent à mesure qu'on les exploite.

Le *Gypse* et le *Sel-gemme* ont évidemment une origine chimique.

Enfin la vie a contribué pour une large part à la formation des roches neptuniennes. La plupart des calcaires ne sont en réalité que des amas de débris de coquilles. A Beauport, à Deschambault, le calcaire fourmille de fossiles: coraux, mollusques, etc. La craie n'est que la réunion de coquillages microscopiques. Les lits de terre d'infusoires (*infusorial earth*) sont formés uniquement par des coquilles microscopiques siliceuses. Ajoutons encore les Houilles, dont l'origine est évidemment organique.

Roches métamorphiques.—Les roches métamorphiques sont des roches neptuniennes, qui, soumises à une forte chaleur, ont pu cristalliser, la chaleur n'ayant pas été assez forte toutefois pour leur faire perdre leur stratification. Ce sont des roches stratifiées cristallines. De cette manière un calcaire grossier se change en marbre souvent veiné, renfermant des nids serpentineux, des cristaux de pyroxène, des parcelles de graphite, des micas, grenats, etc.

Les schistes argileux se changent par le même procédé en *ardoise tégulaire*, en schistes *hornblendiques* ou *talqueux*. Ce métamorphisme peut être local ou s'étendre à de grandes surfaces. Les roches métamorphiques abondent en Canada. Elles constituent presque toutes les Laurentides, une grande partie des rochers des Cantons de l'Est, les montagnes Notre-Dame, etc. En voici les principales espèces.

Granite.—Le granite n'est pas toujours une roche métamorphique, il est assez souvent éruptif. Cependant, après les belles recherches microscopiques du P. Renard sur les roches éruptives des Ardennes, après l'examen microscopique de nos granites canadiens eux-mêmes, il faut admettre pour quelques-uns d'entre eux une origine analogue à celle des roches métamorphiques. Ils renferment beaucoup d'eau, quelquefois jusqu'à 20 p. 100. Cette eau est dans des vacuoles, à l'intérieur même des particules quartzeuses du granite. Or la présence de cette eau s'expliquerait difficilement en supposant à cette roche une origine exclusivement ignée. De plus, dans certains cas, on passe par une gradation insensible des masses granitiques aux *Gneiss* qui sont certainement métamorphiques.

Quelle que soit son origine, le Granite est constitué essentiellement par du *Quartz*, de l'*Orthose* et du *Mica* mélangés, en grains ordinairement réguliers et visibles à l'œil nu. Cette roche est très dure, difficile à travailler à cause de sa structure cristalline. Les Granites présentent une assez grande variété d'aspects, suivant la nature, la couleur de l'orthose et du mica. Le rapport des quantités des trois espèces minérales

composantes n'est pas déterminé. Un Granite sans mica est appelé *Pegmatite*. Si le talc remplace le mica, on a le *Protogine*. Si c'est l'hornblende qui remplace le mica, la roche prend le nom de *Syénite*. Un mélange intime et compacte de quartz et d'orthose constitue le *Pétrosilex* ou *Felsite* des anglais. Ces dernières roches sont plus particulièrement regardées comme plutoniques.

Gneiss.—Mêmes éléments que le granite, mais la roche est stratifiée. Il renferme des variétés analogues à celles du granite.

Micaschistes.—Composés essentiellement de quartz et de mica. Les lamelles de micas sont toutes parallèles, aussi cette pierre peut-elle se séparer facilement en feuillets. Les feuillets sont très souvent contournés, fig. 61. Texture brillante, assez douce au toucher. Les micaschistes par l'atténuation de leur grain, passent insensiblement à l'ardoise, et vice versa. Il peut y avoir entre eux et les gneiss des transitions presque insensibles. Les micaschistes abondent dans les Cantons de l'Est.

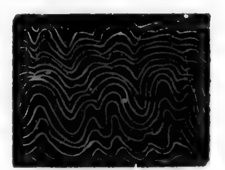


Fig. 61.

Pour compléter cette liste, nous nommerons l'*Anorthosite*, nom donné par le Dr T. S. Hunt à une roche feldspathique (feldspaths tricliniques) qui se rencontre dans le Laurentien supérieur, au Château-Richer. L'*Hypérite*, roche hypersthénique, est une variété de la précédente.—La *Pyroxénite*, l'*Amphibolite*, la *Wollastonite*, les roches *épidotiques*, etc.—La *Serpentine* forme souvent à elle seule de puissantes masses rocheuses.

Roches plutoniques.—On donne ce nom à des roches vitreuses ou cristallines, ne présentant aucune trace de stratification régulière, et qu'on suppose avoir été fondues sous l'influence de la chaleur interne du globe. Elles ont été rejetées à l'extérieur, grâce à des fissures qui se sont produites dans les couches supérieures. Le plus souvent ces fissures sont irrégulières. Les roches plutoniques, après avoir rempli ces issues, se sont quelquefois répandues à la surface du sol en nappes assez considérables, recouvertes plus tard par des sédiments plus récents. L'origine de ces roches justifie donc les qualificatifs d'*intrusives* et d'*éruptives* qu'on leur donne.

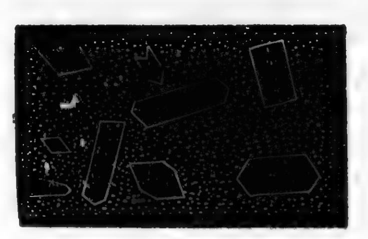
Origine.—Est-il bien certain que ces roches aient été rejetées à l'exterieur à l'état de fusion *ignée?*—Pour quelques-unes d'entre elles, il n'y a aucun doute. Tels sont certains Trachytes ou Basaltes qui ne se distinguent pas de laves récentes. Sur les lèvres de ces fissures, remplies ainsi par des roches fondues, les lits ont été profondément modifiés. La houille a été réduite en cendres ou changée en coke; les argiles ont été cuites, les grès sont devenus très compactes et les calcaires ont été changés en marbres saccharoïdes. Mais en revanche, il ne manque pas d'exemples de roches intrusives qui semblent n'avoir eu aucun effet sur les lits qu'elles ont traversés. De là on conclut que, bien que ces roches aient été un jour assez plastiques pour remplir les fissures de la croûte terrestre, on ne peut pas admettre cependant qu'elles aient été fondues à la manière des laves volcaniques. La même conclusion se tire encore du fait que beaucoup de granites, de syénites, contiennent une large proportion d'eau.

L'état du quartz des roches granitiques est encore contraire à l'idée d'une fusion ignée. Toutefois le quartz se rencontre dans le même état, mais en très petite quantité dans certains trachytes, et cependant ces derniers ont été fondus. De plus certaines syénites passent par des transitions insensibles aux basaltes.

Une grande obscurité règne donc sur l'origine des roches dites plutoniques. Si quelques-unes ont certainement été fondues par l'action seule du feu, d'autres ont pu être ramollies par l'action simultanée du feu et de l'eau, opération qui a quelque analogie avec le métamorphisme et qui nous a fait ranger certains granites parmi les roches métamorphiques.

Classification des roches plutoniques.—Les minéralogistes et les géologues sont loin de s'entendre sur la classification à adopter relativement aux roches dites plutoniques. Le microscope, en révélant la structure cryptocristalline de certaines roches regardées jusqu'ici comme amorphes, a singulièrement compliqué la discussion. Grâce à lui, il a été possible de rectifier certaines erreurs de classification, et de ranger parmi les roches plutoniques quelques roches regardées comme sédimentaires et vice versa. Nous ne verrons ici que les espèces de ce groupe les mieux caractérisées. Les Granites et Syénites ont déjà été décrits avec les roches métamorphiques.

Porphyre.—Le véritable Porphyre est une roche feldspathique compacte, qui renferme un certain nombre de cristaux de feldspath plus pâles, disséminés dans la masse. Une surface polie présente donc une foule de fragments anguleux, fig. 62. Toutefois le mot porphyre est souvent employé pour désigner


Fig. 62.

plutôt la structure que la composition particulière d'une roche. Toute roche à texture compacte et massive, renfermant des cristaux de même substance ou de substance étrangère, empâtés dans la masse, est un Porphyre.

Basalte.—Roche généralement noire, foncée, tirant un peu sur le vert. Structure compacte. Constituée essentiellement par un mélange très intime de Labradorite et d'Augite. On y trouve aussi de l'oxyde magnétique, du fer titané, quelques silicates zéolithiques et du carbonate de chaux et de fer. Les Basaltes sont facilement fusibles et partiellement attaqués par les acides. On les trouve en filon, en nappes assez étendues, ou en amas isolés, comme les montagnes de Montreal, Belœil, Rougemont, etc. Lorsque les Basaltes se sont repandus en masses puissantes sur les terrains de sédiment, ils se sont généralement fendillés durant leur solidification, et ce fendillement, se faisant avec une certaine régularité, donne aux nappes basaltiques une apparence qui ressemble un peu à une cristallisation grossière. Tels sont les Basaltes de la Chaussée des Géants, de la Grotte de Fingal, fig. 63. Ces colonnes basaltiques sont toujours perpendiculaires à la surface du lit et ceci s'applique même aux filons ou aux dykes basaltiques. La com-


Fig. 63.

position des Basaltes est susceptible de varier beaucoup ; c'est ce qui explique le grand nombre de noms donnés par les auteurs à différentes variétés plus ou moins bien définies. Tels sont les noms : *mélaphyre, diabase, basalte porphyroïde,* etc.

Les principales variétés de structure sont : le Basalte *massif* ou *lithoïde,* le Basalte *schisteux,* le Basalte *colonnaire,* etc.

Trapp.—Même composition que le précédent. En réalité c'est la même roche, avec une différence de structure. Les Trapps sont presque toujours amigdaloïdes ou porphyroïdes.

Diorite.—C'est un Trapp granitique, composé d'un Feldspath à base de soude ou de chaux et d'Hornblende. Il contient souvent un peu de Calcaire, de Magnétite, etc. Coloration presque toujours vert foncé, à cause de l'Hornblende. La transition de la Diorite granitique au Basalte lithoïde est tout à fait insensible. Structure massive, amigdaloïde ou porphyroïde. Poids spécifique 2.6 à 2.9.

Dolérite.—C'est un basalte ou un trapp à structure granitique, les grains toutefois restant très ternes. On appelle *Peridotite,* une Dolérite contenant des grains d'*olivine* ou de *péridot.*

Trachyte.— Roche essentiellement feldspathique. Les Trachytes typiques se composent presque uniquement de Feldspath orthose. La couleur n'est jamais foncée. Ce sont de véritables laves des volcans anciens. Ils sont généralement poreux ; leur surface est dure, rugueuse. Ils renferment presque toujours des cristaux de Feldspath, quelquefois de Quartz ou d'Amphibole. Les Trachytes renfermant des miné-

raux zéolitiques sont appelés *Phonolites*. Les Trachytes abondent aux environs de Montréal. Le Phonolite se trouve près de Lachine.

Laves.—Toute roche qui s'écoule à l'état de fusion des cratères volcaniques. Les laves sont le plus souvent poreuses, scoriacées. Leur composition est celle des Dolérites, Péridotites ou Trachytes. La Pierre ponce est une lave vésiculeuse, extrêmement légère.

Lorsque les laves sont compactes, vitreuses, elles portent plus spécialement le nom d'Obsidiennes. Eclat résineux; cassure conchoïdale. Couleur brune ou sombre.

. . . .

CHAPITRE DEUXIÈME.

Veines et filons.

Sous le nom de *veines* et de *filons* nous comprenons les accumulations de minéraux, quelles que soient leur nature et leur origine, que l'on trouve dans les fissures de la croûte terrestre. L'étude de ces veines vient naturellement après celle des roches plutoniques, parce que plusieurs d'entre elles ont été évidemment formées par des roches fondues venant de l'intérieur, et que les autres, pour la plupart, doivent leur existence soit à des sublimés métalliques, soit à des solutions minérales, provenant encore de l'intérieur du globe, et à l'origine desquels la chaleur centrale a eu une grande part.

L'épaisseur, ou, comme on dit, la *puissance* des veines varie depuis quelques lignes jusqu'à des centaines de pieds. Leur direction à la surface du sol est essentiellement variable, parce que les fissures auxquelles elles doivent leur origine se produisent irrégulièrement. En général leur direction à l'intérieur du sol se rapproche de la verticale ; elles s'enfoncent à des profondeurs inconnues. Ici une roche sera toute criblée de veines, plus loin celles-ci seront très rares, ailleurs il n'y en aura pas du tout. Elles renferment souvent des minérais utiles, et de fait, bon nombre de ces minérais sont extraits exclusivement des veines métallifères. Les veines ou filons sont toujours rares dans les terrains qui ont été peu modifiés, elles sont nombreuses dans les terrains métamorphisés ou dans le voisinage d'éruptions ignées. Elles sont toujours plus récentes que les terrains qu'elles traversent.

On partage les veines en deux groupes que nous étudierons successivement : les *dykes* et les *veines* proprement dites.

Dykes.—Ce sont des fissures de la croûte terrestre,

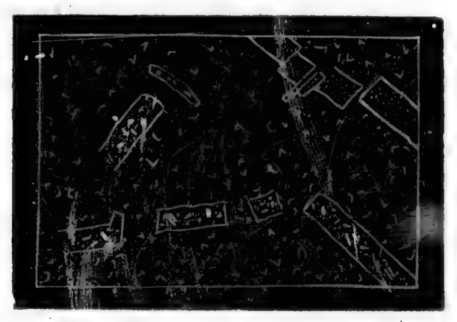


Fig. 64.

remplies par des matières fondues venant de l'intérieur du globe. La matière des dykes est donc une roche de la nature des basaltes. Elle peut être compacte ou porphyroïde. Dans ce dernier cas les cristaux du centre sont plus développés que ceux des bords, fig. 64 et 65 *b*, à cause du refroidissement plus lent. C'est là une preuve évidente que ces dykes ont été remplis par des matières fondues. Une autre preuve est la cuisson et le métamorphisme, qu'ont subis les roches avoisinantes ; dans la figure 65, la partie qui touche le dyke *a* est cuite de cette manière. Ajoutons encore la structure colonnaire, caractéristique des basaltes, qu'on rencontre dans plusieurs dykes, fig. 65. Elle n'est pas toujours bien marquée, mais il en existe au moins des indices. Les *lèvres* de ces dykes sont toujours nettement définies, ce qui les distingue des veines. Assez souvent les roches qui bordent un dyke disparaissent par érosion. La matière plus dure, plus résistante, du dyke fait alors saillie à la surface du sol. Ce phénomène est très marqué en quelques endroits des rivages du Lac Supérieur.

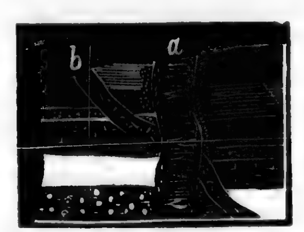


Fig. 65.

Veines proprement dites.—Les veines proprement dites sont de deux espèces, les veines qui doivent leur existence à des fissures produites par la compression et le retrait des roches, et celles qui résultent de profondes cassures de la croûte terrestre. Les premières sont toujours etroites ; elles ont été remplies à l'aide de

solutions minérales pénétrant à travers les lits voisins et y dissolvant diverses substances qui se sont ensuite déposées dans les veines. Elles existent souvent en grand nombre dans une roche, fig. 66. Les autres que nous appellerons *veines de fracture*, sont de beaucoup les plus importantes, parce que ce sont elles surtout qui renferment les minérais exploités par les mineurs. Dans ce dernier cas, on y distingue le minérai lui-même et les minéraux qui l'accompagnent, désignés sous le nom général de *gangue*. Cette gangue est presque toujours composée de Quartz, Calcaire, Barytine, Fluorine. Comme nous l'avons dit plus haut, l'allure des veines est très irrégulière; leur direction varie quelquefois brusquement. Ici une veine sera très étroite, plus loin elle s'élargira considérablement pour s'étrangler encore et ainsi de suite, fig. 67. Une veine irrégulière englobe souvent dans sa masse, des morceaux de la roche avoisinante, *a* fig. 67; ces fragments sont appelés *horses* par les Anglais.



Fig. 66.

La structure des veines proprement dites est bien différente de celle des dykes. Si une seule espèce minérale les remplit, elles sont homogènes dans toute leur épaisseur; mais si plusieurs espèces entrent dans leur composition, leur structure est rubanée, les feuillets étant tous parallèles aux côtés de la veine. Dans la figure 68, les bandes sont alternativement, Quartz, Micaschiste, Gneiss granitique et Gneiss or-

dinaire. Assez souvent les minéraux remplissant la veine, sont arrivés en petite quantité, soit à l'état de


Fig. 67.


Fig. 68.

vapeur, soit à l'état de solution, alors ils ont cristallisé, et, les cristaux se formant perpendiculairement aux murs de la veine, il en résulte qu'une section de celle-ci a l'apparence des dents d'un peigne: c'est le *comb structure* des Anglais, si caractéristique des veines de fracture, fig. 69. Dans cette figure *d* est de la galène, *cc* sont deux lits de barytine, *bb* deux lits de fluorine et *aa* deux lits de quartz cristallin.

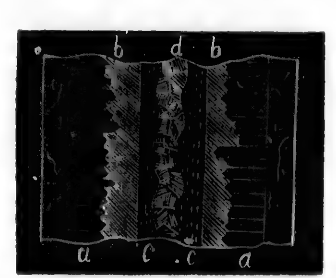


Fig. 69.

Importance, au point de vue économique, de l'étude des veines et des dykes.—Cette étude est très importante, et particulièrement celle des veines, les dykes ne renfermant presque jamais de minérais utiles. Les veines métallifères portent plus particulièrement le nom de *filons.* Il ne faut pas croire que toute veine métallifère constitue une véritable mine. Car il peut arriver que le métal s'y trouve en trop petite quantité

pour donner des profits aux mineurs. Quelquefois encore, une veine assez riche, susceptible en elle-même d'être exploitée avec profit, devient inexploitable, à cause de sa direction ou ses irrégularités.

Quand donc on a reconnu dans une veine l'existence d'un métal, avant de commencer l'exploitation, il faut s'assurer d'abord si le métal existe en proportion notable. On examine ensuite l'allure, la puissance de la veine; on voit si elle est régulière ou non, si elle s'enfonce verticalement dans le sol. On doit aussi s'assurer s'il n'y a pas dans les environs d'autres veines de la même nature, car souvent des veines identiques par leur composition sont parallèles et assez près les unes des autres. Cet examen préliminaire permet d'évaluer approximativement, d'un côté, le coût de l'exploitation, de l'autre, la valeur du produit qu'on pourra retirer de la mine.

Il arrive encore souvent que ces veines, filons, dykes, etc., sont cassés, interrompus par des failles, ou par d'autres veines, qui les traversent de part en part. Cette intersection mutuelle de différents systèmes de veines permet d'établir leur âge relatif, les veines les plus anciennes étant évidemment celles qui sont traversées par les autres. Dans la fig. 70, il y a plusieurs systèmes de veines, *a a*, *b b*, *c c*, *d d*, d'âge différent. Il arrive enfin souvent qu'une veine est

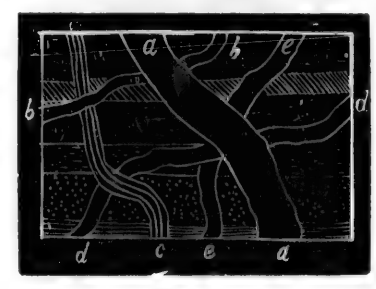


Fig. 70.

cassée par suite d'une fracture de la croûte terrestre sans que pour cela il se forme d'autres veines qui la traverse. La figure 64 représente un dyke de trapp observé par l'auteur sur le rivage, à Boston. C'est un exemple frappant des cassures multiples qui ont lieu dans des roches en apparence très dures. Les murailles de ce dyke sont une syénite granitoïde très compacte.

CHAPITRE TROISIÈME.

Modifications des terrains stratifiés.

STRUCTURE DES TERRAINS STRATIFIÉS.—Nous avons déjà fait connaître l'apparence générale de ces terrains dans l'étude des roches neptuniennes. Ils se composent de *lits*, de *feuillets*, de *couches* superposées, variant souvent en composition, en structure, en apparence, d'un lit à un autre. Ces termes : *lit*, *feuillet*, *couche* et autres du même genre, sont employés à peu près indifféremment les uns pour les autres. Les mots *terrain*, *formation*, désignent plus particulièrement l'ensemble des couches qui se sont formées à une même époque géologique.

La structure de ces lits peut être *compacte*, *laminaire*, *schisteuse*. La figure 71 représente la structure des rivages, structure qui se produit surtout sous l'influence du flux et du reflux. On y rencontre aussi la structure des dunes, masses de sables qui se déplacent

sans cesse sous l'action du vent. L'examen de la structure intérieure des lits nous donne donc une



Fig. 71.

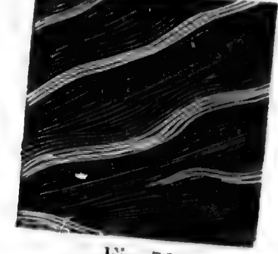


Fig. 72.

idée des circonstances dans lesquelles ils se sont formés. Il en est de même de l'apparence de leurs surfaces. On y voit quelquefois ces rides si jolies, si régulières, que laisse sur le sable ou l'argile, l'eau qui se retire des rivages ou qui coule doucement sur un fond plastique, fig. 72. Ailleurs les lits, une fois formés, se sont desséchés et fendillés par leur exposition à l'air. Puis ces fentes, remplies plus tard par des matières étrangères, restent en saillie lorsque la



Fig. 73.



Fig. 74.

roche primitive disparaît, fig. 73. Enfin on trouve à

la surface des lits d'argilites, les empreintes laissées par de grosses gouttes de pluie, tombées au moment où l'argilite était encore très molle, fig. 74. Ces empreintes sont tellement semblables à celles qu'on a produites artificiellement de nos jours, que tout doute sur leur origine est impossible.

Il n'est pas rare non plus de rencontrer dans les lits de sédiment, des concrétions, des rognons de diver-

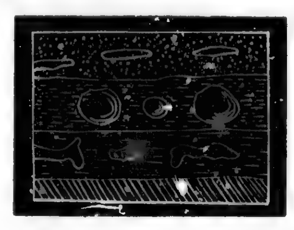


Fig. 75.

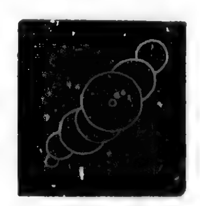


Fig. 76.

ses formes, fig. 75 et 76. Ces concrétions ont à leur tour une structure qui varie, fig. 77 et 78. Assez souvent il y a au centre un corps étranger, fig. 77.

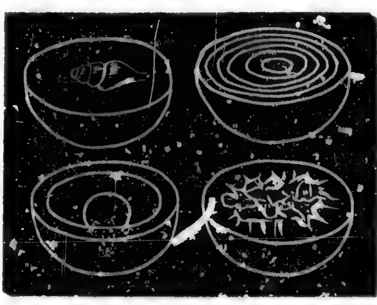


Fig. 77.

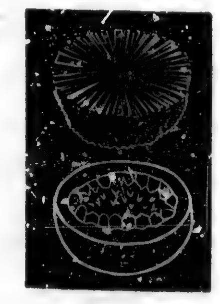


Fig. 78.

Le *mallotus villosus*, Cuv., si commun dans certaines

parties de l'Ottawa, se trouve dans de semblables concrétions.

Joints, leur cause, leur importance en géologie.—On appelle joints des fissures très étroites, mais régulières, droites, qui se voient dans la plupart des lits et qui pénètrent souvent à une très grande profondeur. Si un même lit est traversé par plusieurs systèmes de joints ayant chacun une direction déterminée, les roches qui le composent se sépareront facilement en blocs réguliers, et on serait porté à y voir l'effet d'une grossière cristallisation. Les joints sont quelquefois tellement rapprochés, tellement nombreux, dans une même roche, que celle-ci prend l'apparence schisteuse des ardoises, fig. 79. Et de fait il est probable que la structure schisteuse des ardoises et les joints sont produits par les mêmes causes, agissant

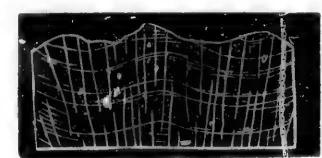


Fig. 79.



Fig. 80.

d'une manière un peu différente. Ces joints peuvent très facilement être confondus avec les plans de stratification : on en voit un exemple frappant dans le rocher de Québec, fig. 80, criblé en tout sens par une foule de joints, qui rendent l'étude de la stratification un vrai problème pour l'observateur novice.

Quelle est la cause des joints ?—Les joints existent surtout dans les terrains très tourmentés, qui ont été

pliés, plissés de diverses manières, et soumis par conséquent à de fortes pressions. Leur direction n'a aucune relation avec le sens des lits, mais elle en a une bien marquée avec le sens des fractures ou des plissements qui se sont opérés sur une plus grande échelle. Nous citerons comme exemple, les joints qui existent dans les roches laurentiennes de la Côte Beaupré, le long de la rupture que l'on peut suivre depuis le Sault Montmorency jusqu'au Cap-Tourmente. Ils sont tous parallèles à cette rupture. On peut le constater tout particulièrement à la chûte Ste-Anne, fig. 81, et à l'extrémité de la falaise du Cap-Tourmente. Ici, le bas des feuillets gneissiques, isolés par les joints, a été emporté successivement par les vagues. Le haut est resté sous formes d'arches d'une grande beauté. En certains endroits de la même falaise, les vagues s'introduisant par un de ces joints, ont miné la roche avec plus de rapidité, et le cap y est percé de part en part. Ces faits prouvent que les joints sont souvent causés par les pressions auxquelles sont soumises les couches géologiques, et qu'ils sont perpendiculaires à la direction dans laquelle s'exerce la pression.



Fig. 81.

M. Daubrée a montré par des expériences remarquables que les joints pouvaient résulter d'une faible torsion à laquelle auraient été soumises les couches géologiques. La figure 82 représente une

lame de glace fendillée par une torsion de ce genre. M. Daubrée fait remarquer à ce propos, que les joints sont sensiblement parallèles, quelquefois légère ment divergents, qu'ils peuvent se produire tous au même instant, que la force qui les produit n'agit pas toujours rectangulairement à un système quelconque d'entre eux.



Fig. 82.

De tout ce qui précède on conclut que l'étude et la détermination du sens des joints dans un endroit en particulier sont importantes à faire, à cause des déductions qu'on en peut tirer relativement à la direction des forces qui ont modifié la position originelle des lits géologiques de cette partie du pays.

Nous avons vu plus haut que la structure schisteuse des ardoises avait quelques relations avec les joints. Cette structure en effet est également le résultat de pressions qui se sont fait sentir perpendiculairement à la surface de clivage des schistes. Ce fait est prouvé amplement par les belles expériences de M. Daubrée sur le fer, la fonte, l'argile, etc., rendus schisteux par la seule compression. M. Tyndall croit que dans cette compression énergique les particules anguleuses qui composent le corps sont comme *écrasées*, deviennent de véritables petites lamelles qui donnent à toute la masse la structure schisteuse. Le sens de clivage des ardoises est toujours oblique par rapport à la surface des lits, voir fig. 60.

POSITION ORIGINELLE DES LITS SÉDIMENTAIRES.—Ces lits ont été d'abord des amas de sables, de glaise ou autres détritus rocheux. Ils se sont presque tous formés horizontalement. En effet lorsque les lits de la plus grande partie de l'Amérique du Nord se formaient, le continent américain était à une faible profondeur sous les eaux ; il n'y avait ni Appalaches, ni Montagnes Rocheuses. Et dans ces eaux peu profondes, sur cette surface continentale généralement uniforme, les lits qui se déposaient ont dû être d'abord horizontaux. Plusieurs lits ont été formés sur les bords des océans, et eux aussi devaient être horizontaux, au moins si ces rivages étaient plats comme ceux de la côte Est des Etats-Unis, qui sur un espace de plus de 60 milles ne sont inclinés que de un pied par 600 ou 700 pieds.

Les deltas qui se trouvent à l'embouchure de certains fleuves ont souvent des centaines, des milliers de milles en superficie. Or les lits qui les composent sont encore horizontaux. Enfin quelques lits étaient autrefois des marécages semblables aux marais de notre époque, mais beaucoup plus étendus ; tels étaient les lits de la période houillière. Or le fond des marais est généralement horizontal, et les dépôts qui s'y forment sont nécessairement horizontaux. Plusieurs lits de houille contiennent des troncs d'arbres perpendiculaires à leur surface, fig. 83, ce qui témoigne de la position primitivement horizontale de ces derniers.

Il n'y a d'exception à cette loi générale que pour les lits qui se forment au lieu de déversement d'une rivière dans un lac ou dans la mer, fig. 84. Ces lits

sont inclinés comme le fond du lac ou de la mer. Mais ce n'est là, en réalité, qu'une exception, et on

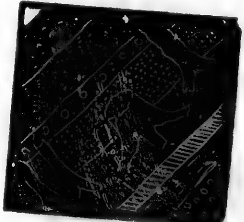


Fig. 83.

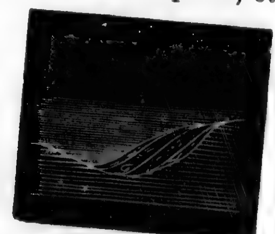


Fig. 84.

peut dire que tous les lits géologiques ont été primitivement horizontaux.

Plissements, synclinales, anticlinales.—Les lits n'ont pas gardé leur position première. Ils ont été

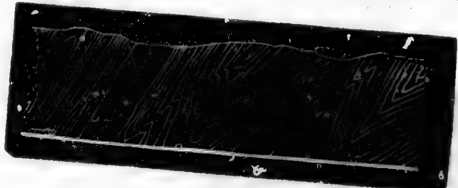


Fig. 85.

presque toujours pliés, plissés, cassés, de telle façon qu'on les rencontre dans une multitude de positions différentes. Ces plissements offrent différents caractères suivant qu'on les étudie dans des roches plus ou moins



Fig. 86.

anciennes. Dans des roches très anciennes, les lits sont plutôt plissés que pliés, et ces plissements sont très nombreux, fig. 85. Dans les roches plus récentes les plissements sont plus réguliers. C'est ce que représente la figure 86. Dans la figure 87, on saisit à première vue le contraste qui existe entre les plisse-



Fig. 87.

ments de deux formations d'âge différent. Les terrains inférieurs sont beaucoup plus tourmentés que les terrains supérieurs.

Dans le cas de plissements multiples, on appelle *anticlinale* cette ligne de chaque côté de laquelle les lits descendent, et *synclinale* cette ligne de chaque côté de laquelle les lits remontent. Ainsi dans la fig. 88 S est une synclinale et A une anticlinale.



Fig. 88.

Il n'est pas nécessaire que les couches pliées restent entières pour qu'on puisse localiser une synclinale ou une anticlinale. Ainsi dans la figure 86 *b* est une synclinale et *a* une anticlinale.

Dislocations, failles.—Non seulement les lits ont été pliés, mais encore ils se sont quelquefois rompus, et l'une des lèvres de la fente s'est déplacée par rapport à l'autre, fig. 89 *b*. La valeur de ce déplacement

varie depuis une fraction de pouce jusqu'à plusieurs milliers de pieds. Ce mouvement a pu se faire soit verticalement, soit horizontalement, soit obliquement par rapport à l'horizontale ou à la verticale. Le

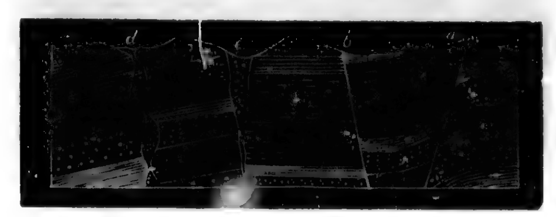
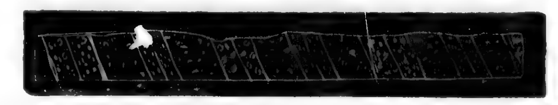


Fig. 89.

mouvement d'un côté de la rupture a généralement pour effet de courber la tranche des lits en contact, fig. 89 *a*. Quelquefois la rupture s'élargit et l'espace se remplit des fragments des lits rompus, qui constituent une brèche grossière, fig. 89 *c*. Ces failles ne se produisent que très lentement: la courbure régulière des lits, même très durs, en est une preuve évidente.

DÉNUDATION.—Les lits, une fois pliés ne sont pas restés entiers, l'eau et les divers agents atmosphériques en ont fait disparaître à la longue une partie. A ce phénomène on a donné le nom de *dénudation*. Cette dénudation rend quelquefois l'étude d'une formation géologique assez difficile, et peut donner lieu à de graves erreurs. Ainsi la figure 90 nous donne



F'g. 90.

une suite de lits, sans aucune apparence de plissements, tandis qu'il est fort possible que ce soit là le résultat de



Fig. 91.

plissements analogues à ceux de la figure 91, dont la partie supérieure aurait été enlevée. La figure 92,



Fig. 92.

qui représente une coupe faite à Lévis depuis le fleuve en L jusqu'à un mille ou deux du rivage, en allant vers le sud S, est un excellent exemple de plissements profondément affectés par l'érosion.

STRATIFICATION CONCORDANTE ET DISCORDANTE.— Quand plusieurs lits sont parallèles, on les dit être en *stratification concordante*. Mais si un certain nombre de lits, après avoir été pliés puis modifiés par l'action érosive de l'eau ou de l'atmosphère, sont plongés sous l'eau, d'autres dépôts se feront à leur surface, lesquels ne seront évidemment pas parallèles aux lits primi-

tifs. On les dira être en stratification discordante avec les premiers. Dans la figure 93 les lits *a a* sont

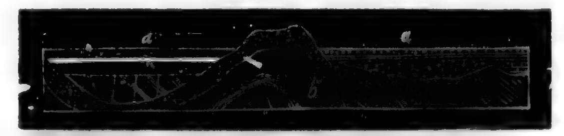


Fig. 93.

en stratification discordante avec les lits *b*. Il est évident que ceux-ci sont plus anciens que ceux-là.

Mesure de l'inclinaison des lits.—Il est souvent nécessaire de mesurer l'inclinaison des lits. On appelle inclinaison des lits, l'angle qu'ils font avec l'horizon. Dans cette mesure, on s'occupe non seulement de la valeur de l'inclinaison, mais encore de sa direction. Ainsi on dira, une inclinaison de 25° vers le sud, etc. En versant un peu d'eau sur la surface inclinée d'un lit on reconnait très bien la direction de l'inclinaison maximum. La ligne horizontale perpen



Fig. 94.

diculaire à celle d'inclinaison est appelée *strike* par les anglais, nous l'appellerons *ligne de saillie*. Dans la figure 94 *in* est la ligne d'inclinaison, et *is* est la

ligne de saillie. Quand la tranche seule des lits est exposée, il serait imprudent de prendre l'inclinaison apparente des feuillets de cette tranche comme étant l'inclinaison véritable des couches ; cette inclinaison

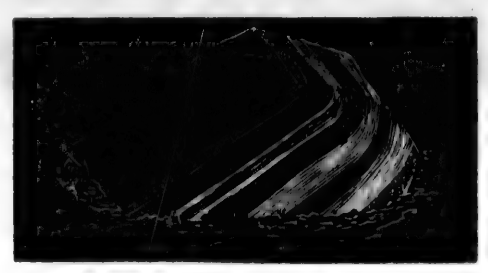


Fig. 95.

apparente pouvant varier avec la direction de la section. C'est ce qu'il est facile de voir dans la figure 95, où un même ensemble de lits donne diverses sections à tranches inégalement inclinées.

Cette inclinaison des lits se mesure à l'aide des cli-



Fig. 96.

nomètres. Nous en donnons ici deux espèces qui se comprennent à simple vue, fig. 96. On déter-

mine la direction de l'inclinaison ou de la ligne de saillie, à l'aide d'une boussole ordinaire. Lorsqu'on étudie la stratigraphie des terrains d'une contrée en particulier, on ne saurait trop multiplier ces déterminations de l'inclinaison et de la ligne de saillie ; car c'est uniquement avec ces données qu'on peut se former une idée de la structure intérieure des formations géologiques que l'on examine.

CHAPITRE QUATRIÈME.

Détermination de l'age relatif des terrains.

Si les lits géologiques n'avaient subi aucun changement de position depuis leur formation, rien de plus simple que de trouver leur âge relatif. Il suffirait de déterminer leur ordre de superposition, et le plus ancien serait toujours celui qui occuperait un étage inférieur dans la série. Mais cette condition ne se rencontre, pour ainsi dire, jamais. De plus, si l'on veut déterminer quelles sont les couches qui se correspondent en différents pays, on se trouve en présence d'autres difficultés bien plus graves encore. En premier lieu, chacun des lits géologiques ne recouvre pas tout le globe. Une couche en particulier pourra, par exemple, s'être formée au Canada et ne pas s'être formée aux Etats-Unis. Ajoutons que, grâce aux oscillations des continents, une certaine portion de leur

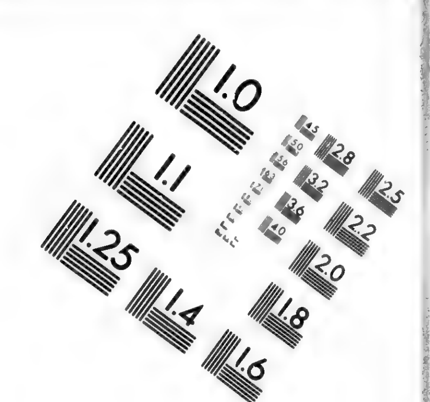
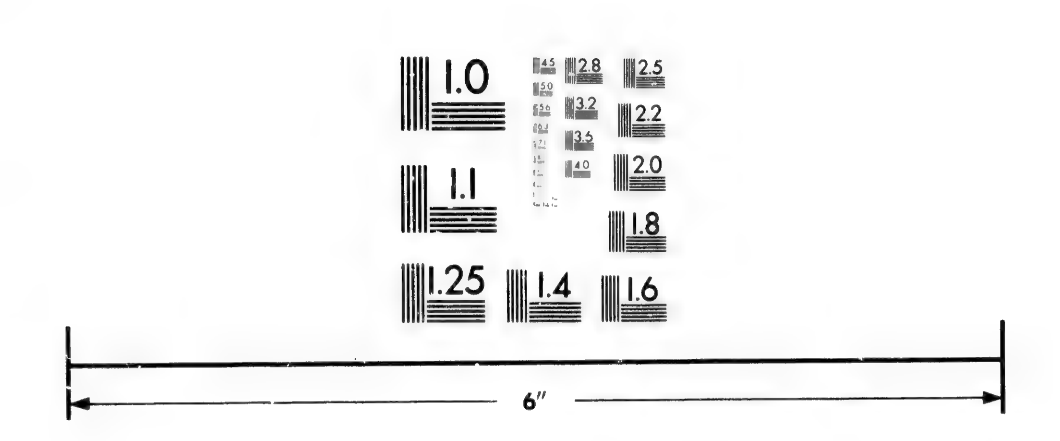


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)





surface s'est trouvée plongée sous les eaux et recouverte d'une série de dépôts reposant directement sur d'autres lits beaucoup plus anciens, sans que, plus tard, on rencontre entre ces deux formations, les lits intermédiaires qui se trouvent ailleurs. En Canada, pour ne citer qu'un exemple, les argiles *quaternaires* reposent sur les roches *siluriennes* et *laurentiennes*, sans qu'il y ait aucune trace des terrains intermédiaires.

Ajoutons encore que le même lit n'a pas toujours la même composition, la même apparence, si on l'examine en deux endroits éloignés l'un de l'autre. Quelquefois cette différence date de l'origine même du lit, quelquefois elle est le résultat d'un métamorphisme plus ou moins prononcé. Et puis, les lits ne sont nulle part horizontaux, ils ont été pliés, cassés de diverses manières, et ces déplacements des couches, joints à l'érosion, ont souvent eu pour effet de disposer quelques-unes d'entre elles dans un ordre qui est bien différent du véritable ordre chronologique. Une même couche sera ainsi répétée par suite de failles multiples, fig. 97, ou de plissements serrés dont les sommets ont été enlevés par l'érosion, fig. 91. Ailleurs un terrain plus ancien sera apparemment superposé à un terrain plus récent, *v. g.*, fig. 98, la superposition du *Groupe de Québec* Q, aux argilites de la *Rivière Hudson* H, sur les grèves de St-Pierre, I. O.

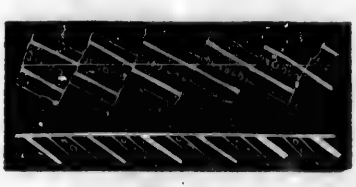


Fig. 97.

Enfin le sol arable, qui recouvre de grandes surfaces des couches rocheuses, rend très difficile, pour ne pas dire impossible, l'étude de leur position relative.



Fig. 98.

Voici toutefois les moyens que l'on emploie pour déterminer l'ordre chronologique des terrains, moyens qui éludent plus ou moins complètement ces difficultés.

1° En suivant une coupe de rivière ou de chemin de fer, il est quelquefois possible de déterminer directement l'ordre de superposition d'un bon nombre de lits géologiques.

2° On remarque aussi le caractère lithologique des terrains. Mais c'est là un moyen fort précaire, et qui ne peut avoir quelque valeur que dans deux localités très rapprochées. En effet un *même* lit peut, dans deux endroits éloignés, avoir une composition complètement différente.

3° Le moyen, pour ainsi dire, classique est l'étude des fossiles. Il est le seul qui soit décisif.

Fossiles, loi relative à leur distribution dans les différents terrains.—On appelle *fossiles* des restes d'animaux ou de plantes qu'on trouve dans le sein de la terre. Ce sont des reliques qui nous font connaître les espèces animales ou végétales qui existaient lorsque les lits où on les trouve se formaient. Evidemment, parmi tous les êtres de la création, ce sont les

êtres marins dont les restes ont été plus parfaitement conservés, parce qu'après la mort, ils sont demeurés ensevelis sous les eaux et préservés de l'action des agents atmosphériques. Chez les animaux terrestres, les os seuls ont échappé à la destruction.

Ces fossiles nous donnent un excellent moyen de déterminer l'âge d'un terrain, parce qu'il est constant que, pour une même époque, les genres, souvent même les espèces, sont semblables. Ils sont différents pour des époques différentes.

Les fossiles des diverses époques sont maintenant assez bien connus. C'est grâce à eux qu'on a prouvé l'existence des terrains crétacés dans la partie est de l'Amérique du Nord. De même on a reconnu en Angleterre, en Ecosse, dans les Indes, même en Australie, des terrains contemporains de nos terrains canadiens. Cependant cette méthode a encore ses chances d'erreur. Il est possible, par exemple, qu'un continent ait reçu ses espèces animales d'un autre continent, longtemps après leur apparition sur ce dernier. Les exterminations ont pu être beaucoup plus complètes en un endroit qu'en un autre, et par conséquent, quelques espèces animales ont pu exister plus longtemps dans certains endroits. Cependant, étudiés avec soin et jugement, les fossiles constituent, dans leur ensemble, le meilleur mode de détermination qui soit à notre disposition.

LIVRE TROISIÈME.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

La Géologie dynamique, dit M. Dana, traite des *causes* des événements qui se sont passés durant l'histoire géologique de la terre. Elle s'occupe de l'origine des roches, des bouleversements que celles-ci ont subit, de l'origine des montagnes, etc. Pour mener à bonne fin ses recherches, elle étudie surtout les agents qui contribuent encore de nos jours, soit à former des lits géologiques, soit à les modifier ; puis, elle suppose que ces causes ont agi durant les diverses périodes géologiques, et se voit ainsi à même d'en apprécier les effets.

On peut grouper les causes qui sont entrées en jeu dans la formation ou la transformation des lits, sous cinq chefs principaux : 1° La vie. 2° L'atmosphère. 3° L'eau. 4° La chaleur. 5° Les oscillations de la croûte terrestre.

CHAPITRE PREMIER.

La vie.

La vie a contribué et contribue encore pour une large part à la formation de plusieurs lits géologiques. Parmi ceux-ci nous citerons presque tous les calcaires, les lits de houille, plusieurs lits siliceux, la tourbe, etc. Nous commencerons par étudier l'origine de cette dernière.

Origine des lits de tourbe.—La tourbe est une accumulation de matières végétales à demi décomposées, dans les marais ou les terrains humides. A nos latitudes, les tourbes ne se composent guère que de *sphaignes*, classe de mousses qui peuvent végéter indéfiniment ; car à mesure que la partie inférieure meurt et se décompose, la partie supérieure s'accroît sans cesse. Les débris des végétaux qui poussent dans les environs, les carcasses d'animaux morts, se mêlent à ces sphaignes et sont incorporés dans le lit tourbeux.

Ces matières organiques subissent toujours comme un commencement de distillation, qui en fait une matière brune, spongieuse, assez friable. La matière végétale y perd beaucoup de gaz ; toutefois elle garde jusqu'à 25 p. 100 d'oxygène. Dans certains cas, la tourbe ressemble tout à fait à la houille. Les tourbières étaient probablement des lacs qui se sont remplis peu à peu et changés en marais. En effet, on trouve presque toujours sous la tourbe un lit de marne coquillière blanche. Nous avons de vastes tourbières au Canada ; nous en avons parlé en minéralogie.

La quantité de tourbe dans le seul Etat de Massachusets, est évaluée par M. J.-D. Dana à 15,000,000,000 de pieds cubes. On a trouvé, dans une tourbière d'Irlande, un corps humain parfaitement conservé, qui était recouvert de 11 pieds de tourbe. La tourbe jouit donc de remarquables propriétés antiseptiques. Ceci est peut-être dû à la présence de l'acide ulmique ou d'une espèce de bitume, qui se produit toujours, quand une matière organique se décompose en présence d'un excès d'eau

Lits d'organismes microscopiques.—Presque toujours les eaux douces ou salées renferment une foule d'être vivants microscopiques. Quelques-uns secrètent une carapace calcaire, d'autres une carapace siliceuse. Parmi les organismes calcaires, se placent les *Rhyzopodes* et les *Coccolites ;* les premiers sont des animaux, les seconds, des plantes. Parmi les organismes siliceux se rangent les *Diatomées,* plantes et les *Polycistines,* animalcules. — Ces deux dernières classes d'êtres constituent à peu près complètement les lits de *Tripoli* et de *terre d'infusoires.* Le silex est souvent composé de diatomées ou de spicules tubuleuses d'éponges. Les rhizopodes constituent les lits de craie, et, de nos jours, il y a, entre Terreneuve et l'Irlande, une surface, appelée plateau télégraphique, qui est recouverte d'un lit de rhizopodes, dont l'épaisseur augmente tous les jours. C'est une véritable couche de craie en voie de formation.

Coraux.—Les coraux ne prennent un grand développement que dans les mers tropicales et surtout dans les parties qui ne sont pas sillonnées par des

courants froids. Ils vivent depuis une profondeur qui ne dépasse pas 100 pieds jusqu'au niveau de la marée basse.

Ces coraux, n'étant souvent que des branches calcaires plus ou moins ramifiées, ne sauraient former à eux seuls des lits compactes. Mais sous l'action des vagues, ces rameaux pierreux se brisent, se réduisent en fragments qui viennent se loger dans les interstices des coraux non brisés. Là s'accumulent encore les coquillages de toute espèce, qui s'agglomèrent ensemble par l'action chimique de l'eau, et à la longue se forme un banc calcaire. Il sera pur, s'il est composé uniquement de débris de coraux ou de coquillages ; il sera impur, si des sables, des argiles, sont en même temps charriés par l'eau et ajoutés aux débris calcaires.—Ce lit ne pourra pas s'élever plus haut que le niveau de la marée basse, car les coraux ne sauraient vivre exposés hors de l'eau aux rayons d'un soleil tropical. Donc jamais les lits de coraux ne dépasseront l'épaisseur maximum de 100 pieds, à moins qu'on ne suppose que le fond sur lequel ils reposent s'enfonce lentement. Si, dans ce dernier cas, la vitesse d'enfoncement égale celle de la formation du lit de corail, ce dernier pourra augmenter indéfiniment tout en restant à la même hauteur par rapport au niveau de l'océan qui l'entoure.

Dans les périodes géologiques anciennes, on trouve des lits de coraux qui ont des milliers de milles de surperficie et plusieurs centaines de pieds d'épaisseur. Il faut donc admettre qu'ils se sont formés dans des mers relativement chaudes, à eau limpide (les coraux

ne vivant pas dans l'eau boueuse), peu profondes, et dont le fond s'enfonçait graduellement sous les eaux.

De nos jours, les coraux prennent un grand développement dans le Pacifique, où ils entourent un grand nombre d'iles sous forme d'une ceinture de récifs, placée à une certaine distance du rivage, fig. 99. Le mouvement d'enfoncement qu'on attribue, non sans raison, aux terres de cette partie du monde, fait peu à peu disparaître l'ile elle même, et il ne reste plus que la couronne de récifs, entourant une lagune intérieure, figure 100. Ces iles ont reçu le nom d'*atolls*.



Fig. 99.



Fig. 100.

Les lits de calcaires ont donc une double origine : les organismes microscopiques et les coraux. Quelques-uns ont une origine chimique, comme le Travertin ; nous les étudierons plus loin en parlant de l'action chimique de l'eau.

CHAPITRE DEUXIÈME.

L'atmosphère.

L'action de l'atmosphère relativement à la formation des lits et à leur modification est double : *chimique* et *mécanique*. La première se manifeste surtout par la décomposition des roches exposées à l'air. Quelquefois on peut expliquer chimiquement ces décompositions, mais le plus souvent l'action désagrégeante de l'air reste un mystère. Il semble que les gaz qui agissent surtout pour provoquer ces décompositions soient l'acide carbonique et la vapeur d'eau. On sait, par exemple, que sous cette influence, plusieurs feldspaths se décomposent, les eaux enlèvent le silicate alcalin et le silicate d'alumine reste sous forme d'argile. L'oxygène agit aussi comme oxydant, particulièrement sur les bitumes et les carbures d'hydrogène en général.

La plupart des roches cèdent à l'action chimique de l'air ; elles changent de couleur, de tenacité. Les anglais désignent ces changements par le mot expressif de *weathering*, qui n'a pas, que nous sachions, son équivalent en français.

L'action mécanique de l'air est peut-être plus importante. Les vents transportent beaucoup de sable, et lorsque, dans un pays sablonneux, ils soufflent longtemps dans la même direction, les roches sont polies par le frottement des particules siliceuses. Au Cap Cod, les vitres des fenêtres sont percées par le

choc des grains de sable, ce qui montre l'action assez énergique de ces particules sableuses.

Dunes.—Les *dunes* sont des collines de sable, qui se déplacent constamment sous l'impulsion du vent. Elles se forment de préférence sur les rivages à sable siliceux, et là où les vents de mer soufflent pendant longtemps. Sous l'influence de ces courants d'air, les sables s'accumulent en collines qui peu à peu s'avancent vers l'intérieur des terres et finissent par envahir de vastes espaces. Les rivages de la Gascogne, en France, sont recouverts de dunes qui, pendant longtemps, ont menacé sérieusement toute cette partie du pays. On est parvenu à les fixer à l'aide de semis et de plantations de pins. Sur les côtes du Rhode-Island, du New-Jersey, les mêmes dunes existent. En Canada, les dunes proprement dites sont très rares ; cependant dans les champs sablonneux de Lanoraie, de Tadoussac, etc., on peut voir, durant un été très sec, de petits monticules de sables, ressemblant à nos bancs de neige, et qui sont des commencements de dunes. En réalité, la structure des bancs de neige est absolument semblable à celle des dunes.

CHAPITRE TROISIÈME.

L'eau.

L'eau agit sur les terrains de diverses manières. Elle peut agir à l'état liquide ou à l'état solide, elle

peut encore être étudiée comme agent chimique et comme agent mécanique, et cette double action peut être considérée dans les eaux superficielles et dans les eaux souterraines. Dans les pages qui suivent, nous verrons successivement l'action de l'eau à l'état liquide, et celle de la glace. Relativement à la première, nous étudierons l'action chimique et mécanique de l'eau douce et de l'eau salée.

Article I.

Action chimique de l'eau.

L'action chimique de l'eau consiste surtout à dissoudre certaines roches, *v. g.*, les calcaires, pour aller les déposer ailleurs. L'eau ne peut dissoudre le calcaire qu'à la condition d'être chargée d'acide carbonique ; au contact de cette eau et des lits calcaires, il se forme un bicarbonate de chaux soluble. Cet acide carbonique, l'eau le trouve dans l'atmosphère



Fig. 101.

elle-même et surtout dans l'humus du sol. L'action dissolvante de l'eau se fait sentir avec une assez

grande énergie. Quelques géologues ont cru pouvoir lui attribuer la formation des cavernes, si grandes, si belles, qui se voient dans différents pays, fig. 101. En effet ces cavernes se trouvent généralement dans des terrains calcaires.

Les courants souterrains produisent aussi des effets d'érosion, creusent des vides qui peuvent quelquefois provoquer des effondrements ou le glissement des couches les unes sur les autres. Les exemples de ces phénomènes ne manquent pas.

L'action chimique de l'eau chaude est beaucoup plus marquée. L'eau surchauffée dissout une foule de substances qu'elle ne dissout pas aux températures ordinaires, la silice, par exemple. En outre, elle peut se décomposer, céder ses éléments aux corps avec lesquels elle vient en contact, et agir ainsi comme substance minéralisatrice. La porosité plus ou moins grande des roches, jointe à la pression, permet à l'eau des océans d'atteindre une grande profondeur, et par conséquent, il est tout probable que cette eau est souvent surchauffée. Nous verrons plus tard, à propos des volcans et du métamorphisme, quelques effets de cette eau lorsqu'elle imbibe les lits géologiques.

L'action chimique de l'eau des océans se complique de la présence des sels qu'elle tient en dissolution. C'est elle en particulier qui, étant surchauffée, devient capable d'effets chimiques très puissants.

Article II.

Action mécanique de l'eau.

Erosion.—De la surface de l'océan et du sol s'élève constamment de la vapeur d'eau qui va se condenser dans les hautes régions atmosphériques. Cette eau retombe en gouttelettes de pluie; la réunion de ces gouttes forment d'abord de petits ruisseaux qui se réunissent pour former les rivières et finalement les fleuves. Le volume d'eau rejeté dans la mer par un fleuve n'est en général que le quart de celle qui tombe sous forme de pluie ou de neige sur la surface du bassin drainé par le fleuve. Le reste, ou bien est évaporé immédiatement là où il tombe, ou bien sert à la nutrition des plantes. Une très petite portion disparaît encore en se combinant avec les roches.

L'*érosion* ou *dénudation* se produit partout ou l'eau est en mouvement. La goutte de pluie laisse sa trace sur le sable qui la reçoit, fig. 102, le ruisselet y trace un petit sillon, le ruisseau creuse un peu plus avant; le torrent, qui roule sur les pentes abruptes, use les roches, brise les arbres qu'il rencontre et entraîne leurs débris avec lui; enfin les rivières, surtout à l'époque des inondations, attaquent leurs berges et élargissent peu à peu les vallées dans lesquelles elles coulent. Cela est

Fig. 102.

vrai surtout des rivières qui coulent dans des plaines d'alluvions. La figure 103 nous montre une rivière, augmentant successivement les dimensions de ses méandres. Le chenal est d'abord droit. Une différence de dureté dans une portion du rivage fait que l'eau y creuse une petite cavité qui dirige le courant obliquement sur la berge opposée. Celle-ci se creuse et peu à peu les méandres deviennent de plus en plus marqués, jusqu'à ce que deux d'entre eux *a* et *b* s'unissent l'un à l'autre, et la courbe *c* se trouve enlevée du courant. Telle est l'origine des lagunes en forme de croissants *l* qui existent le long de certaines rivières. Ces lagunes s'observent très bien dans la partie supérieure du cours de l'Etchemin, à Standon.



Fig. 103.

Lorsqu'une rivière coule sur un sol pierreux, elle y creuse un lit plus étroit, mais tout aussi capricieux et qui atteint quelquefois une grande profondeur. De cette manière se forment les *canons* du Colorado et de quelques autres territoires des Etats-Unis. Les murs de ces gorges, taillés à pic, ont souvent plus de 3000 pieds de hauteur. Si, sur son parcours, la rivière rencontre un lit qui cède plus difficilement que les autres à l'érosion, il se formera là une chute. Telle est la cause de la chute Montmorency, fig. 104 C, du Sault-à-la-

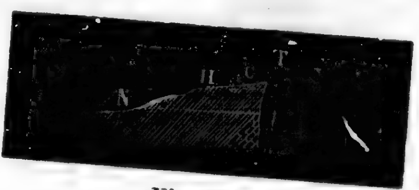


Fig. 104.

Puce, de la chute Ste-Anne, toutes produites par le contact immédiat des lits mous et friables de la *Rivière Hudson* H avec les lits granitiques du *laurentien*. De même à la chute Niagara, le lit supérieur, qui est calcaire, est plus dur que le lit inférieur et disparaît moins vite sous l'action érosive de l'eau.

Un autre effet de cette action érosive est de changer la forme des montagnes et surtout de diminuer leur hauteur. On remarque en effet que plus les montagnes sont anciennes, plus elles sont basses, plus elles sont arrondies, polies pour ainsi dire, par l'action des eaux atmosphériques.

Dans les montagnes dont l'existence remonte aux premières époques géologiques, on ne voit jamais ces pics abrupts qui s'élancent d'un seul jet à plusieurs milliers de pieds de hauteur. La ligne des sommets est plus douce, moins brisée. Telle est l'apparence générale des Laurentides, les aînées de toutes les montagnes du globe. Dans les chaînes plus récentes, comme les Montagnes Rocheuses, les Andes, les Alpes, les Pyrénées, les contours sont beaucoup plus irréguliers, les sommets plus aigus. Ce ne sont plus des *dômes*, des *ballons*, mais bien de véritables *aiguilles*, sur les flancs desquelles les neiges et les glaciers exerceront leur action érosive jusqu'à ce qu'ils les aient sculptées et arrondies comme les montagnes les plus anciennes.

Effet des plissements et de la dureté relative des lits sur les phénomènes d'érosion.—Il est évident que la disposition des lits géologiques, leur dureté plus ou moins grande doit avoir une influence sur les effets d'érosion par l'eau. Un lit mou, profondément

altéré par l'atmosphère, disparaîtra plus vite qu'un lit plus dur. Les figures 105, 106, 107, empruntées

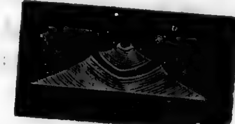


Fig. 105.



Fig. 106.



Fig. 107.

à Lesley, font voir les effets de ces deux causes sur les phénomènes d'érosion. Les lits sans hachure sont supposés être plus durs que les autres. On remarquera que les synclinales résistent mieux que les anticlinales. Cela est dû à la dureté plus grande qu'elles acquièrent par suite de la compression à laquelle elles se trouvent soumises. C'est l'inverse pour les anticlinales; elles se fendillent, deviennent plus friables



Fig. 108.

par l'opération du plissement. C'est ce que montre d'une manière plus évidente encore la figure 108.

Transport par les eaux.—Les substances minérales enlevées par érosion sont transportées par les eaux. Les unes sont distribuées dans les plaines d'alluvion que sillonnent les rivières, d'autres se rendent jusqu'à la mer. La force de transport d'un courant augmente très vite. Un courant de trois pouces par seconde peut transporter de l'argile, un courant de 6 pouces, du sable fin, un courant de 8 pouces, du gros sable, un courant de 12 pouces, des pierres de la grosseur d'un œuf de poule. Le pouvoir de transport augmente donc beaucoup plus rapidement que la vitesse; un courant double d'un autre a une force 64 fois plus grande. Suivant donc que, dans une rivière, le courant varie d'intensité, le fond se couvre de gravier, de sable ou d'argile.

Durant ce transport les pierres qui voyagent, en frottant les unes sur les autres ou sur le fond, s'usent, s'arrondissent. Elles tournoient avec les remous du courant et creusent dans le roc des trous arrondis, très réguliers, qu'on désigne sous le nom de *marmites des géants*.

La quantité de matériaux transportés varie d'un fleuve à l'autre. Annuellement le Mississippi transporte assez de substances terreuses pour faire un solide d'un mille carré de surface et de 241 pieds de hauteur.

Alluvions.—Une partie de ces matériaux se déposent dans les plaines, le long des rivières, et forment ce qu'on appelle des alluvions. Celles-ci sont composées de sables et d'argiles, stratifiés; elles sont souvent riches en débris organiques.

Deltas.—Les deltas sont de vastes surfaces d'alluvions placées à l'embouchure des fleuves, qui char-

rient beaucoup de matières solides. Le fleuve gagne la mer à travers cette plaine, en se partageant en une foule de branches.

La forme des deltas est généralement celle d'un triangle dont le sommet est dirigé du côté de la terre. C'est de cette forme qu'est venu le nom de *delta*, par allusion à la forme de la quatrième lettre de l'alphabet grec. Le delta du Nil, fig. 109, est un exemple, pour ainsi dire, classique de cette forme triangulaire.

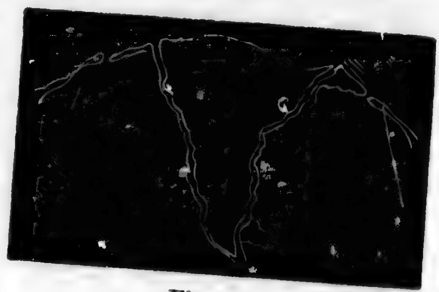


Fig 109.

La surface des deltas varie. Celui du Nil a 100 milles de longueur et 200 milles de largeur : celui du Gange a 220 milles de long et 200 milles de large : celui du Mississipi a une surface de 13,200 milles carrés. Dans ce dernier, fig. 110, on voit très bien comment chacune des branches du fleuve s'avance sans cesse dans la mer en se créant à mesure de nouveaux rivages, par le transport constant des alluvions.



Fig. 110.

Les deltas, en effet, ne sont que l'accumulation à l'embouchure des fleuves, des détritus de toute espèce, que le courant charroyait et qui tombent sur le fond de la mer, là où le courant fluvial cesse d'exister.

Barres.—Si les rivières ou les fleuves se déchargent dans une mer où il y a marée, assez souvent le courant de marée empêche les deltas de se former. Ces rivières se terminent par des embouchures très larges, appelées *estuaires,* dans lesquelles la marée monte à une grande hauteur et cause un courant très puissant. Dans la baie de Fundy, le flot de marée atteint une hauteur de 90 pieds. Ces courants cessent là où le flot rencontre les eaux profondes de l'océan, et c'est là que se déposent les matières charriées par les rivières. Elles y forment des espèces de levées en forme de croissant, qu'on appelle *barres,* fig: 111.



Fig. 111.

Ces barres existent à l'embouchure de plusieurs rivières de la Gaspésie. On leur donne là le nom de *barachois* (barre-à-choir).

Eau de l'océan.—L'action mécanique des vagues est très puissante. On peut l'assimiler à celle d'une chute qui aurait même hauteur que les vagues. Aussi, sous leur choc répété, les rochers sont-ils brisés, réduits en poussière, surtout là où la mer est très agitée. On a remarqué que le niveau de la plus grande érosion est sensiblement mitoyen entre celui de la haute et celui de la basse mer. L'effet de cette érosion sur les côtes est de les régulariser. Peu à peu les caps tendent à disparaître et les rivages ne sont plus qu'une suite de baies arrondies et peu profondes. Voilà ce qui explique, jusqu'à un certain point, pourquoi la forme des rivages est si différente dans les pays méridionaux et dans les pays septentrionaux. Dans ces derniers, la glace qui les a recouverts pendant longtemps, durant les dernières périodes géologiques, tout en creusant des baies très profondes et irrégulières (*fjords*), a empêché l'action des vagues de s'exercer sur les rivages. Au sud, au contraire, l'absence du glacier continental a permis aux vagues de modifier plus complètement la forme des côtes. Cette différence est très marquée lorsqu'on compare les côtes de Terreneuve ou du Labrador avec celle de Cuba ou de la Colombie.

Les débris ainsi formés par l'action des vagues sont transportés ensuite par les courants, soit sur les rivages, soit au fond de l'océan, où ils peuvent à la longue former des lits d'une grande épaisseur.

Courants océaniques.—La disposition générale et la direction de ces courants sont profondément modifiées par la situation relative des continents. Cependant



Fig. 112.

le système de circulation est le même dans les mers des deux hémisphères. La figure 112 représente théoriquement la circulation dans chaque hémisphère ; E O est l'équateur, E l'est et O l'ouest. Deux ellipses immenses sont décrites par les courants équatoriaux et leurs dérivés. A l'équateur ces courants vont de l'est à l'ouest, ils vont de l'ouest à l'est dans les latitudes plus élevées. Une partie du courant équatorial est encore dérivée vers les pôles et constitue un véritable extra-courant. Elle en revient avec les eaux des mers polaires sous forme d'un courant froid qui longe de préférence les côtes orientales des continents. Ce système général de circulation océanique se déplace dans son ensemble, de quelques degrés, vers le sud ou vers le nord, avec le changement des saisons. Lorsqu'un courant froid rencontre un courant chaud, il continue sa marche mais en gagnant les profondeurs de l'océan, le courant chaud, étant plus léger, reste à la surface.

La carte des courants de l'Atlantique, fig. 113, servira d'application aux lois générales qui viennent d'être énoncées. E est le courant équatorial. Il se partage sur les côtes du Brésil en deux parties. L'une se dirige vers le sud en longeant les côtes de l'Amérique du Sud. L'autre, la plus importante pour nous, entre dans le Golfe du Mexique, en suit les contours,

et vient en sortir par l'ouverture ménagée entre les îles Bahamas et la Floride. A partir de ce moment, le courant est connu sous le nom de *Courant du Golfe*, *Gulf stream*. Après avoir traversé l'océan obliquement, il se partage en deux sur les côtes de l'Europe :

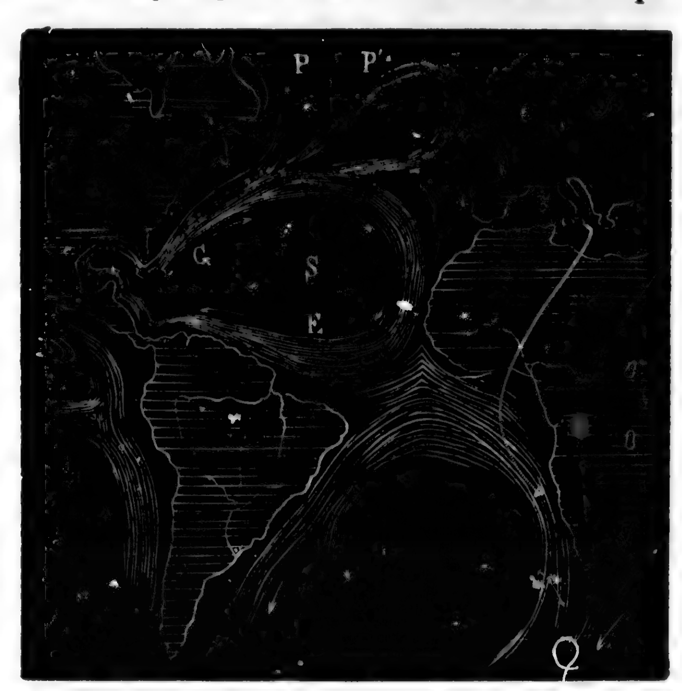


Fig. 113.

une partie se dirige vers le sud pour se joindre au courant E et compléter l'ellipse équatoriale ; le reste longe les côtes d'Irlande et d'Ecosse et pénètre dans les mers polaires pour en revenir sous forme de courants polaires P, P'. Un de ces derniers, P, côtoie le Groënland, puis le Labrador, pénètre en partie dans

le Golfe St-Laurent et rencontre le Courant du Golfe à la hauteur des bancs de Terreneuve.

Ces courants, auxquels nous supposons sur la carte des limites bien définies, ne sont pas en réalité aussi faciles à déterminer. A part le Courant du Golfe dont les rivages liquides sont parfaitement reconnaissables, grâce à une différence marquée dans la couleur et la température de l'eau, les autres, et surtout les courants polaires, ont des limites très vagues.

Le centre S de l'ellipse équatoriale est occupé par la *Mer des sargasses,* qui doit son nom à la quantité énorme de plantes marines qui végètent en paix à la surface de ses eaux tranquilles.

On reconnait dans l'Atlantique-sud une circulation analogue à celle de l'Atlantique-nord. Cependant le peu d'observations qui ont été faites dans ces parages ne permet pas de déterminer, avec autant d'exactitude, la direction des courants.

Dans le Pacifique, le *Kuro-Siwo,* qui part du Japon pour aller frapper les côtes occidentales de l'Amérique du Nord, est tout à fait analogue au Courant du Golfe.

Article III.

Action de la glace.

Gelée.—On sait que l'eau augmente de volume au moment où elle gèle. Cette dilatation se fait avec une force extraordinaire. On conçoit donc que l'eau qui pénètre dans les fentes des roches, l'automne, soit, en gelant, une cause très puissante de désagrégation. Assez souvent cette force brisante de l'eau détache du flanc des montagnes des quartiers de rocher très considérables. Ces pierres ne tombent qu'au printemps,

alors que le dégel fait fondre la lame de glace qui les soudait aux autres roches de la montagne. Les talus que l'on voit au bas des falaises n'ont pas d'autre origine.

Certaines pierres poreuses sont pénétrées par l'eau. L'action brisante de la gelée les pulvérise littéralement, et lorsqu'un courant d'eau passe sur elles, elles tombent en poudre et disparaissent avec lui. Le même effet de la gelée se fait encore sentir sur les terres un peu dures, qui, d'elles-mêmes, seraient capables de résister à l'action érosive des pluies. La gelée les broie et elles sont ensuite transportées par les eaux superficielles, dans les rivières et finalement dans l'océan.

GLACIERS.—Les glaciers sont de véritables fleuves de glace qui coulent sur le flanc des montagnes à neige éternelle. Sur les sommets de ces montagnes la neige s'accumule sans cesse et comme elle ne peut fondre à cette hauteur, la masse de neige augmenterait indéfiniment, s'il n'y avait pas une cause tendant à lui faire atteindre un niveau inférieur où elle peut entrer en fusion. Cette cause existe: c'est le poids de la glace joint à sa plasticité; c'est elle qui donne naissance aux glaciers, à l'aide desquels la neige des sommets glisse et vient fondre dans les régions inférieures.

Origine et cause des glaciers.—Nous venons d'indiquer cette origine. La neige des sommets les plus élevés, entassée souvent sur une épaisseur de plusieurs centaines de pieds, se change à sa partie inférieure en une neige compacte, plastique, appelée *névée.* Cette névée est le commencement du glacier. C'est elle qui par une série de fusions et de regélations successives,

se changera en glace compacte et transparente. Quant à la cause qui produit cette névée, c'est à peu près uniquement le poids des couches supérieures de neige. La marche des glaciers tend donc à dépouiller les sommets de leur enveloppe neigeuse, mais les nuages apportent constamment de nouvelles quantités de neige qui alimentent indéfiniment le glacier. Aussi, dans les contrées où il y a peu d'humidité, les glaciers sont très peu développés. Dans les Montagnes Rocheuses, il ne manque pas de pics élevés qui n'ont pas de glaciers, uniquement parceque l'air qui les entoure est trop sec.

Marche.—Le courant du fleuve de glace peut s'assimiler complètement aux courants des fleuves ou des rivières ordinaires, sauf au point de vue de la rapidité ; il est beaucoup plus lent. La vitesse d'écoulement varie d'un glacier à l'autre, elle varie aussi avec la pente du lit du glacier et avec les diverses saisons de l'année ; c'est durant l'été qu'elle est la plus considérable. Elle ne dépasse pas en moyenne de 10 à 18 pouces par jour, c'est-à-dire, un mille en 18 ou 20 ans.

Comme dans les rivières, la vitesse est plus grande au centre que sur les rivages, à la surface qu'au fond. C'est ce que MM. Agassiz, Forbes et Tyndall ont constaté directement par l'expérience. Si le glacier suit des méandres, la ligne de plus rapide déplacement est, comme dans les cours d'eau, plus sinueuse que le lit du glacier lui-même, fig. 114.



Fig. 114.

Crevasses.—La vitesse plus grande des parties centrales cause une traction sur

la glace des rivages, retardée dans sa marche par le frottement sur les rochers, et cette traction peut être suffisante pour fendre la glace des bords. Ces fentes ou crevasses se font toujours perpendiculairement à la force qui les produit, et par conséquent, obliquement par rapport aux rivages du glacier, fig. 115. Ces crevasses, une fois produites, se redressent peu à peu, en même temps que d'autres se forment, et après un certain temps, la surface du fleuve solide est sillonnée en tous sens d'un véritable réseau de crevasses qui rendent très difficile la marche sur un glacier. Les crevasses dont nous venons de parler sont dites *latérales*. Si sur le fond du glacier il y a une irrégularité assez notable, qui affecte toute la masse de la glace, cette protubérance causera elle aussi des crevasses qui seront parallèles à son arête principale. Telle est l'origine des crevasses *longitudinales* et *transversales*. Enfin à l'extrémité inférieure du fleuve solide, le poids de la glace qui arrive sans cesse comprime les masses les plus basses, les écrasent, pour ainsi dire, et alors se forment ces crevasses *terminales* qui sillonnent en rayonnant toute la partie extrême du glacier.



Fig. 115.

Les glaciers ne s'arrêtent pas à la limite des neiges éternelles. Ils descendent souvent de 3000 à 4000 pieds plus bas. La *Mer de glace* se rend tout près du village de Chaumonix, et elle a sa source dans les gorges du Mont Blanc. Sous la glace coule toujours un torrent qui apparaît à l'extrémité inférieure du glacier. Il est l'effet en grande partie, de la fusion

de la glace. Les eaux en sont rarement limpides. Elles sont le plus souvent blanchâtres, grâce aux substances terreuses qu'elles transportent, substances qui proviennent des roches charriées et broyées par le glacier.

Erosion et transport par les glaciers —Ces masses de glace ont sur les roches sur lesquelles elles passent une action érosive très puissante. Elles les usent, adoucissent et polissent leur surface ; et si elles renferment elles-mêmes des fragments de rocher qu'elles entraînent avec elles, les roches du fond sont non seulement polies, mais couvertes de rainures ou de stries, ces rainures indiquant le sens de la marche du glacier. Souvent les lits rocheux, sur lesquels le flot de glace a coulé, sont arrondis en une suite de dômes qui, vus de loin, rappellent, jusqu'à un certain point, des dos de moutons, et qu'on nomme pour cela *roches moutonnées*. On trouve ces rainures et ces roches moutonnées là où il n'y a plus l'ombre de glacier. Il y a dans le canton de Ware, le plus bel échantillon de roches moutonnées qu'on puisse voir. La hauteur de ces roches est d'à peu près 1500 pieds au-dessus du fleuve. La direction des rainures est nord et sud. Les roches striées sont des argilites rouges et noires appartenant au *silurien supérieur*. Ce fait prouve l'existence de glaciers dans cette partie du pays à une époque plus ou moins reculée. La force erosive des glaciers est énorme, et c'est là sans contredit, dans les continents septentrionaux, une des causes qui a contribué autrefois le plus efficacement à modifier les reliefs terrestres. Les glaciers ont quelquefois des dimensions colossales. Au Spitzberg,

un des glaciers côtiers a 11 milles de large sur une épaisseur de 100 à 400 pieds en dehors de l'eau ; le volume qui plonge dans l'eau est beaucoup plus considérable.

Moraines.—Les matériaux, arrachés par les glaciers à leurs rivages, s'accumulent sur les bords du courant et se disposent en un cordon plus ou moins volumineux, composé de roches, de terre, etc. C'est ce qu'on appelle une moraine *latérale.* Dans le cas du confluent de deux ou de plusieurs glaciers, les moraines latérales qui viennent en contact s'unissent ensemble et forment une moraine *médiane,* fig. 116. Enfin tous ces débris, minéraux ou organiques, sont entassés pêle-mêle à l'extrémité du courant et le recouvrent en partie : c'est la moraine *frontale.* Quelques-unes des masses transportées par les glaciers ont un volume énorme. On cite de ces pierres dont le volume équivaut à celui d'un édifice de 100 pieds de long, 50 de large et 40 de haut. On peut voir très souvent des moraines là où maintenant il n'y a plus de glacier, cependant les moraines bien caractérisées sont rares dans la Province de Québec.



Fig. 116.

Tout le sol arable que nous cultivons est très probablement le résultat de la trituration des roches par les glaces et les glaciers de la période géologique dite période *glaciaire,* alors qu'une immense couche de glace couvrait tout le Canada. La plupart des cailloux perdus des champs viennent des Laurentides et ont été transportés çà et là par les glaces.

Banquises.—Quand un glacier atteint le rivage de l'océan sans se fondre, il se sépare au contact de l'eau en immenses blocs, qui flottent et se dispersent en diverses directions, ce sont les *banquises*. La figure 117 montre comment le courant glaciaire, arrivé à l'océan, se casse en fragments plus ou moins volumineux, sous l'action de la poussée de l'eau. Les banquises transportent avec elles des millions de pieds cubes de substances terreuses, restes des moraines qui recouvraient les glaciers. Ces montagnes de glaces sont poussées par les courants océaniques et elles atteignent bientôt des latitudes inférieures. Là, elles fondent, laissant tomber sur le fond de l'océan les roches qu'elles transportaient. Le Grand Banc de Terreneuve est placé à peu près au confluent du Courant du Golfe et du courant froid polaire, qui longe les côtes du Labrador et transporte beaucoup de banquises. Ces dernières, rencontrant à la hauteur du Grand Banc, le Courant chaud du Golfe, se fondent, et on croit que c'est à cette cause qu'est précisément due l'existence d'un bas-fond, d'un *banc*, à cet endroit.



Fig. 117.

Résumé.—D'après ce que nous venons de voir, nous pouvons, relativement aux terrains de sédiment, dire qu'ils sont formés des débris de roches préexistantes, sauf le calcaire. Ajoutons même que, si ce dernier a été en grande partie le résultat de l'accumulation de débris organiques, ces êtres vivants ont trouvé le cal-

caire de leurs carapaces dans les eaux de l'océan, lesquelles l'avaient enlevé par dissolution aux roches des rivages.

Les causes qui ont amené cette destruction des roches anciennes, ont été les eaux, la glace, la gelée, les plantes, les décompositions et combinaisons chimiques. Ces débris, après avoir été remaniés par les eaux, ont formé différents lits, absolument analogues à ceux qui se forment de nos jours.

CHAPITRE QUATRIÈME.

La chaleur.

ARTICLE I.

Distribution de la chaleur à la surface de la terre.

La chaleur est un agent si puissant, qu'un simple changement dans les climats peut amener des modifications géologiques très étendues. Voilà pourquoi nous dirons un mot de la distribution actuelle de la chaleur à la surface de la terre.

Le refroidissement de l'atmosphère à la surface de notre globe, qui devrait se faire régulièrement de l'équateur aux pôles, est loin de présenter l'uniformité qu'on pourrait attendre. L'inégale distribution des masses continentales, les courants océaniques : voilà les prin-

cipales causes qui détruisent cette régularité. Le Courant du Golfe, à lui seul, verse tous les ans dans les mers arctiques autant de chaleur qu'une surface de 1,560,000 milles carrés, placée à l'équateur, en reçoit annuellement du soleil. Cette quantité de chaleur, changée en travail, produirait 77,479,650,000,000,000,000 pieds-livres par jour. C'est plus que ne peuvent faire tous les courants aériens qui soufflent de l'équateur vers les pôles. La chaleur transportée ainsi par ce courant, serait suffisante pour faire couler un fleuve de plomb fondu dont le débit égalerait celui du Missisipi. Les lignes isothermes sont donc très irrégulières, surtout dans l'hémisphère nord, où elles s'infléchissent vers le pôle en approchant des côtes occidentales des continents, pour revenir vers le sud sur les côtes orientales.

Variations dans les climats.—Le soleil, en réchauffant plus ou moins les différentes parties du globe, est un des principaux facteurs de la température d'un pays. Les quatre saisons n'ont pas toutes la même longueur. Actuellement la moitié de l'année qui correspond à l'été pour l'hémisphère nord est de huit jours plus longue que l'autre. Mais, grâce à la précession des équinoxes, au déplacement du grand axe de l'orbite terrestre, cette différence de longueur, maintenant en faveur de l'été de l'hémisphère nord, se trouve transportée à l'hiver tous les 10,500 ans. Les variations d'excentricité de l'orbite terrestre causent aussi des variations dans la longueur des saisons. Nous donnons ces différents détails pour faire entendre qu'il n'est pas impossible que, grâce à l'accumulation de ces effets, faibles en eux-mêmes, durant une

longue suite de siècles, il se soit rencontré dans l'histoire géologique du globe, certaines circonstances astronomiques, qui aient amené une distribution de la température à la surface du globe bien différente de celle qui existe aujourd'hui.

Les changements qui pourraient arriver dans la distribution relative des continents et des mers, auraient une influence considérable sur les climats des différents pays. Si l'on supposait, par exemple, que le plateau qui réunit l'Islande à l'Angleterre, et qui est à une faible profondeur sous les eaux, s'élevât d'une manière sensible, ce mouvement aurait pour effet d'arrêter le Courant du Golfe dans sa marche vers les mers polaires. Celles-ci ne recevant plus de chaleur du dehors, deviendraient de plus en plus froides. La quantité de glace augmenterait à leur surface, la barrière de banquises, qui limite la mer libre au nord, se déplacerait vers le sud, et il n'est pas impossible que le climat de toute l'Europe septentrionale fût notablement refroidi.

Or, si un mouvement aussi faible que celui-là est capable de produire de tels effets, que serait-ce donc si quelques masses continentales disparaissaient à l'équateur pendant que d'autres émergeraient au pôle nord ? Supposons un instant que le Brésil, le nord de l'Afrique, les Monts Himalayas, disparaissent sous l'océan et que des surfaces équivalentes surgissent au pôle. Immédiatement ces continents polaires, constamment couverts de neige et de glaciers, refroidissent l'air qui les recouvre. Les vents du nord deviennent glacés ; les banquises qui s'échappent des glaciers couvrent l'océan ; toute la masse de l'atmos-

phère est refroidie ; le ciel des tropiques habituellement limpide est chargé de nuages, résultat nécessaire du refroidissement général ; le soleil ne peut plus éclairer et réchauffer de ses rayons les quelques iles placées sous l'équateur.

Dans ces conditions le climat des régions équatoriales ressemblerait à celui de notre latitude, et le géologue d'alors s'étonnerait de trouver, parmi les débris transportés par les banquises, des restes d'animaux, arrachés à nos contrées, indiquant une vie très développée là où il n'y aurait plus alors que d'immenses champs glacés.

Enfin, si l'on transportait au pôle sud le reste des continents tropicaux, le climat de la terre serait tellement refroidi que Lyell doute qu'elle fût encore habitable.

Les changements se feraient en sens inverses, si les oscillations de la surface terrestre avaient pour effet

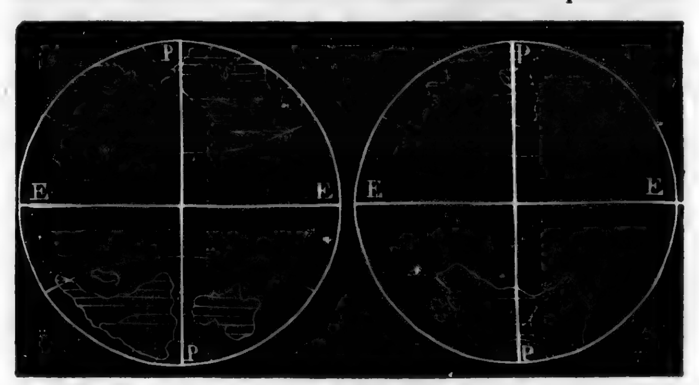


Fig. 118.

de faire surgir des continents à l'équateur et de placer aux pôles des mers libres d'une grande étendue.

De tout cela nous concluons qu'il est facile de se figurer que, dans le cours des époques géologiques, les oscillations superficielles ont fort bien pu déterminer des périodes froides ou chaudes, sans qu'il faille pour les expliquer, recourir à des causes extraordinaires.

La figure 118, que nous empruntons à Lyell, nous fait voir la disposition des continents qui amènerait un maximum de froid, et la figure 119, celle qui causerait un maximum de chaleur.

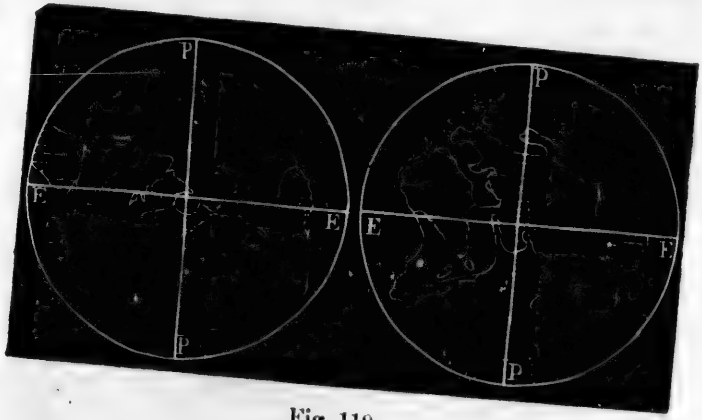


Fig. 119.

Pour finir l'énumération des causes capables d'amener des variations dans les climats terrestres, mentionnons les périodes de minimum et de maximum dans les taches du soleil, un changement possible dans l'état de la surface de cet astre, une modification dans la composition de l'atmosphère terrestre, etc. D'après les recherches des physiciens, la présence d'une proportion, même relativement faible, de vapeur d'eau et d'acide carbonique dans l'air, aurait pour effet de mo-



difier considérablement sa diathermanéité et par suite sa température

Article II.

Chaleur interne du globe.

Son existence.—Quelle que soit la variation de la température à la surface du globe, il est certain qu'elle s'élève lorsqu'on s'enfonce vers le centre. L'existence d'une température très élevée dans les parties centrales de la terre est prouvée par plusieurs faits incontestables.

En premier lieu notre planète est aplatie aux pôles, précisément comme l'aurait été un globe primitivement liquide, ayant même densité que notre terre et tournant autour de l'axe des pôles avec la même vitesse.

Les puits artésiens donnent une eau d'autant plus chaude qu'ils jaillissent de couches plus profondes. Dans les mines, on constate encore une élévation de température proportionnelle à la profondeur. On croit qu'en moyenne la température s'élève de 1°C. par 100 pieds. Cette proportion varie nécessairement avec la conductibilité des roches que l'on traverse.

Les couches les plus anciennes, celles qui ont été par conséquent enfouies à une grande profondeur grâce aux dépots plus récents, sont toutes cristallisées, phénomène qui est encore une conséquence de la chaleur à laquelle elles ont été soumises.

Les sources thermales prouvent encore qu'il existe sous la croûte superficielle, des couches plus chaudes

qui chauffent les eaux de ces sources à de hautes températures, quelquefois au delà de 100°C.

Enfin les volcans sont sans contredit des preuves évidentes de l'existence de masses en ignition dans l'intérieur du globe.

Etat probable de l'intérieur du globe.—Dire si l'intérieur de notre globe est ou n'est pas liquide est un problème très compliqué, très difficile ; la géologie, dit M. Le Conte, n'est pas encore en mesure de le résoudre d'une manière complète.

Deux théories sont ici en présence. L'une suppose l'intérieur liquide, l'autre le croit solide. Nous donnerons le pour et le contre de chacune de ces théories.

La première s'appuie surtout sur le fait de l'augmentation de la température avec la profondeur. Elle suppose de plus que la température de fusion reste à peu près la même à n'importe quelle profondeur. Alors, en suivant cette progression croissante de 1°C. par 100 pieds, on a à 25 ou 30 milles une température capable de fondre toutes les substances connues. Il faut donc conclure que notre globe est une masse de lave, enveloppée par une croûte mince, très mince, épaisse tout au plus d'une dizaine de lieues. Les volcans, les tremblements de terre ne sont que les effets des commotions de cette masse ignée. L'écorce de notre globe s'agite sous la pression intérieure comme les parois d'une bouilloire frémissent sous la pression interne de la vapeur ; elle cède et se brise, si la pression devient trop grande.

Voilà la première théorie, avec ses preuves et ses corollaires. La réfuter sera établir l'opinion d'un

centre solide. Voici donc quelques-unes des objections qu'on peut lui opposer.

Cette élévation de température de 1°C. par 100 pieds est loin d'être régulière; d'ailleurs les forages les plus profonds ne dépassent pas quelques milles, or le rayon terrestre est d'à peu près 3,960 milles, comment donc affirmer que cette progression croissante de la chaleur ne varie aucunement de l'extérieur au centre?

La terre est plus dense au centre qu'à la surface, or cette augmentation de densité a pour effet d'accroître la conductibilité et par suite de diminuer la rapidité d'élévation de température. Alors à mesure qu'on gagne l'intérieur, la température doit *s'élever* de moins en moins pour un même espace parcouru.

La température de fusion de la plupart des roches est élevée par la pression. On conçoit donc que les assises de l'intérieur, bien que chauffées à une haute température, puissent rester solides à cause de la pression qu'elles supportent.

Suivant la théorie du centre liquide, notre terre serait en réalité un globe liquide. Or, d'après les affirmations de M. Hopkins, de Sir W. Thomson, etc., la terre se comporte, dans ses rapports avec les autres astres, comme un globe rigoureusement solide, *plus solide que du verre*. En 1876, Sir W. Thomson affirmait encore hautement les mêmes conclusions.

Les volcans, qu'on amène comme preuve de l'existence d'un centre liquide, prouvent plutôt le contraire. En effet, s'ils communiquaient avec une même mer de feu, ils devraient être tous en activité en même temps. Les moins élevés devraient déborder quand

les plus hauts lancent des laves par leur cratère. Or, dans les iles Sandwich, une même montagne, fig. 120,



Fig. 120.

renferme deux volcans, élevés, l'un de 4000 pieds, l'autre de 14,000, et qui sont parfaitement indépendants l'un de l'autre. Il arrive souvent que le Mauna-Loa, le plus élevé, lance des laves, pendant que le Kilaua, le plus bas, reste parfaitement tranquille. C'est précisément ce qu'on a constaté en novembre 1880.

Dans la théorie du centre liquide, on ne pourrait expliquer les élévations continentales et les enfoncements des abîmes océaniques, qu'en supposant que la croûte terrestre se plie en voûtes gigantesques, fig. 121 *a*, ayant presque une demi circonférence terrestre,



Fig. 121.

et par conséquent, incapables de se soutenir un instant par elles-mêmes ; ou en supposant que les reliefs extérieurs sont dus à des reliefs absolument semblables

existant à l'intérieur de la croûte solide, fig. 121 *b*, et qui, s'enfonçant davantage dans le liquide centrale, feraient, grâce à la poussée de ce dernier, émerger les masses continentales. Or ceci est bien difficile à admettre, pour ne pas dire impossible. Comment affirmer, en effet, que la croûte terrestre soit plus mince sous les océans, lorsque là, grâce à la présence de l'eau, le pouvoir conducteur des lits doit accélérer leur refroidissement, et par suite, la solidification se faire plus vite.

Enfin, on pourrait ajouter qu'en supposant un globe primitivement liquide, les solides, formés d'abord à la surface et plus denses que le liquide sous-jacent, ont dû se rendre au centre et s'y accumuler, de sorte que la solidification a commencé en réalité *par le centre.*

De tout ceci nous concluons que notre globe est *très probablement* solide, à l'exception des lacs de laves, placés à la racine des volcans, et qui sont des phénomènes locaux et superficiels, comme nous le verrons plus tard.

Article III.

Volcans.

Leur structure, les produits qu'ils rejettent. —Les volcans sont des montagnes dont le sommet est occupé par une immense ouverture en forme d'entonnoir, par laquelle s'échappent diverses matières gazeuses, liquides ou solides. L'activité des volcans est quelquefois continue, comme le Stromboli, mais le plus souvent il y a des périodes d'éruption, séparées par des époques de calme relatif. Cependant un vol-

can, même dans ces époques de calme, émet toujours des gaz et des vapeurs, tant qu'il n'est pas complètement éteint.

La dimension du cratère est quelquefois très grande. Le cratère du Mauna-Loa a $2\frac{1}{2}$ milles de large, et celui du Kilaua 3 milles. Ce dernier est un immense lac de lave fondue, dont la surface est de plusieurs centaines de pieds au-dessous des bords du cratère.

La pente des cônes volcaniques varie suivant que la lave rejetée par le volcan est très fluide ou que le cratère lance surtout des matières solides. Comme la montagne est presque toujours le résultat des accumulations de ces débris, une lave fluide, coulant même sur une pente douce, ne peut produire qu'une montagne à flancs très peu inclinés, *v. g.*, Kilaua fig. 120. Au contraire un cône de scorie ou de cendres sera beaucoup plus raide, *v. g.*, le Cotopaxi.

L'origine des volcans peut être déterminée par l'étude de leur structure. Quelquefois les couches de la montagne ont été comme redressées, fig. 122. Mais



Fig. 122.

le plus souvent toute la masse volcanique est uniquement composée d'une suite de lits plus ou moins réguliers, résultat de l'accumulation des matières liquides ou solides rejetées par les volcans, fig. 123. Ce sont des cônes de scories.

Quant aux éjections volcaniques, elles sont gazeuses, liquides et solides. Les gaz sont surtout



Fig. 123.

de la vapeur d'eau en immense quantité, des gaz sulfureux, soit vapeur de soufre, soit acide sulfureux, de l'acide chlorhydrique et de l'acide carbonique, etc. La vapeur d'eau prédomine d'une manière très marquée. Il est curieux que ces gaz sont ceux-là mêmes qui se formeraient par la réaction des eaux de la mer sur le calcaire impur chauffé à une haute température. La fumée et les flammes qu'on dit se produire durant les éruptions, ne sont que la vapeur d'eau et les cendres volcaniques en suspension dans l'atmosphère et éclairées fortement par la lave fondue qui remplit le cratère. Il n'y a pas de flamme proprement dite dans les éruptions volcaniques.

Les matières liquides sont, surtout les *laves*, substances minérales fondues, qui s'échappent par les cratères volcaniques. Cette lave peut avoir deux états physiques différents. Elle peut être pâteuse, emprisonnant de nombreuses bulles de vapeur d'eau et autres gaz, ce qui la rend poreuse et cellulaire une fois qu'elle est refroidie. Telle est la lave du Vésuve. Elle est aussi quelquefois très fluide, absolument comme du verre fondu, *v. g*, la lave du Kilaua.

Considérée au point de vue de la composition chimique, la lave est essentiellement une pâte de Feldspath et d'Augite. Suivant que le premier ou le second de ces minéraux prédomine, la lave est acide ou basique. Les Trachytes, les Obsidiennes sont des exemples de laves acides : les Basaltes, les Dolérites, des exemples de laves basiques.

Outre ces matières liquides et gazeuses, les volcans rejettent encore beaucoup de corps solides. Cela se voit surtout dans les volcans à lave pâteuse, dont la la lave ne sort que péniblement à la suite d'explosions qui ont pour effet de lancer en dehors du cratère, des quartiers de roches, des fragments de matière à demi fondue, et surtout une poussière minérale assez ténue, arrachée aux parois de la cheminée volcanique et désignée généralement sous le nom de *cendre volcanique.* Pompéi a été ensevelie sous une couche épaisse de cette cendre, lors de l'éruption du Vésuve, en l'an 79 de notre ère. A la même éruption, Herculanum disparaissait sous une couche de lave. Cette éruption est encore restée célèbre parce qu'elle coûta la vie à Pline l'ancien, qui, s'étant approché trop près de la montagne, fut étouffé par les vapeurs sulfureuses qui s'échappaient à flot du cratère.

Souvent la vapeur d'eau, qui sort du cratère en volume énorme pendant l'éruption, se condense et tombe en pluie torrentielle sur les flancs de la montagne. Cette pluie délaye les cendres volcaniques, et la bouillie grise qui en résulte forme en se desséchant, une pierre poreuse qu'on appelle *tuf volcanique.*

Les éruptions des volcans à lave pâteuse, comme le

Vésuve, s'annoncent longtemps d'avance, et sont souvent accompagnées de tremblements de terre. Celles des volcans à lave liquide le sont rarement. Ce sont des éruptions qu'on pourrait appeler *silencieuses*. Au Kilaua, il est arrivé plus d'une fois qu'on a été averti d'une éruption en voyant flamber les forêts du sommet de la montagne, incendiées par le passage du courant de lave. Dans les volcans très élevés, il est assez rare que la lave sorte par le sommet. Elle remplit peu à peu la cheminée volcanique. Une fois qu'elle a atteint un certain niveau, la pression hydrostatique exercée sur les parois de la cheminée est tellement forte que très souvent la montagne éclate, et le cratère se vide par une ouverture latérale. En 1852, un jet latéral se produisit ainsi sur le Kilaua. Il avait plus de mille pieds de large, et s'élevait à 200 ou 300 pieds de hauteur. Il dura trois jours. Ces ouvertures latérales constituent comme de petits volcans parasites sur les flancs de la montagne ; on les désigne sous le nom de *cônes adventifs*.

Théories des volcans.—On regardait autrefois les volcans comme les évents, les soupapes de sûreté, par où s'échappait le trop plein du *centre liquide*. Ce que nous avons dit plus haut sur l'état probable de l'intérieur du globe, est suffisant pour faire voir le peu de consistance de cette théorie.

Plus tard,vint la théorie chimique, qui supposait au centre de la terre des substances oxydables, mais non oxydées. L'eau, en pénétrant jusqu'à elles, éprouvait une décomposition plus ou moins complète. De là, dégagement de gaz, développement de chaleur, et par suite tous les phénomènes volcaniques. L'existence

de ces substances non oxydées à l'intérieur du sol, n'est pas prouvée, bien que cependant la découverte du fer natif dans certaines Dolérites du Groënland indique la présence de métaux à l'état métallique à l'intérieur du globe. L'absence de flammes dans les éruptions volcaniques, est une objection beaucoup plus sérieuse. L'eau par sa décomposition devrait donner de l'hydrogène qui produirait beaucoup de flammes à chaque éruption.

Parmi les théories les plus récentes, nous citerons la théorie de John Herschel. L'accumulation d'une masse considérable de sédiments au même endroit, a pour effet de faire monter peu à peu, dans ces couches, la ligne de température invariable. Avec un dépôt de 40,000 pieds (et cette épaisseur se rencontre souvent dans les formations géologiques), les couches inférieures seraient chauffées à 460° C. Grâce à la présence de l'eau, cette température est plus que suffisante pour produire la fusion aqueuse-ignée, et causer probablement l'éruption. Remarquons de plus que dans cette théorie, ce n'est pas l'eau qui *descend* pour être soumise à la chaleur, c'est la chaleur qui *monte* et envahit peu à peu les sédiments humides.

Cette théorie a sans aucun doute une très grande valeur et explique parfaitement les éruptions des volcans à lave pâteuse ou à demi fondue. Dans tous les cas il existe une relation qu'on ne peut nier entre les phénomènes volcaniques et l'eau des océans. Les volcans sont toujours placés sur le bord de la mer, les laves sont quelquefois imprégnées de chlorure de sodium ; dans certaines éruptions de boue des volcans

de Java, des débris de poissons ont été lancés par le cratère.

Ajoutons encore que la force qui fait monter la lave dans la cheminée volcanique, est la force élastique de la vapeur d'eau, du moins pour les volcans à lave pâteuse. Il faut donc qu'il arrive à la racine du volcan une certaine quantité d'eau qui se réduit en vapeur surchauffée et ayant une énorme tension. Bien plus, cette eau peut se décomposer et amener des réactions chimiques d'une extrême violence, dont la chaleur contribue encore à fondre les roches de la montagne.

La chaleur des volcans peut donc avoir une double origine : la chaleur primitive du globe qui existe encore dans les couches profondes, et celle qui se développe par les réactions chimiques que nous venons d'énumérer. Ajoutons-en une troisième, les actions mécaniques, causées par le refroidissement du globe et la contraction générale qui en résulte. On admet généralement que le centre du globe se contracte plus vite que l'extérieur, il en résulte dans la croûte terrestre une tension très forte qui se manifeste par des pressions horizontales presque irrésistibles. D'après M. Mallet, l'écrasement des roches sous l'effet de ces pressions, développerait assez de chaleur pour expliquer les éruptions volcaniques.

Éruptions ignées non volcaniques.—On doit rapporter aux phénomènes volcaniques, ces masses, souvent considérables, rejetées sans éruption violente à travers les fissures du globe terrestre. Tels sont les dykes, et les nappes trappéennes ou basaltiques, qui se trouvent en différents endroits.

Article IV.

Phénomènes volcaniques secondaires.

Solfatares et fumarolles.—Dans le voisinage des volcans, et quelquefois là où il n'y a pas de volcans, le sol laisse échapper des jets de vapeur d'eau et de soufre, ainsi que quelques autres gaz. Ces endroits sont appelés *solfatares*. Le soufre se dépose en cristaux autour des ouvertures par où sort la vapeur et qu'on appelle *fumarolles*. L'alun, le plâtre se forment souvent dans les solfatares.

Sources thermales, geysers.—Les sources thermales se rencontrent fréquemment. Leur température est loin d'être toujours la même. Les plus remarquables sont les sources jaillissantes appelées *Geysers*. Ces geysers ont des périodes de calme et d'éruption, se succédant à des intervalles merveilleusement réguliers. On prenait autrefois comme types de ces sources jaillissantes le *Grand Geyser* d'Islande, mais les plus beaux geysers du monde se trouvent dans le *National Park*, vallée de la rivière Yellowstone, Wyoming.

Parmi ces geysers américains, les plus remarquables sont le "Géant," qui lance une colonne d'eau de 6 pieds de diamètre à une hauteur de 200 pieds, l'éruption dure vingt minutes. La "Ruche," dont le cratère a la forme d'une ruche d'abeille, lance une colonne d'eau de 3 pieds de diamètre à 219 pieds de hauteur. La "Géante," colonne d'eau de 20 pieds de diamètre lancée à 60 pieds de hauteur. De cette masse liquide s'échappent cinq ou six jets qui montent à 250 pieds.

Voici l'explication la plus probable des éruptions des geysers.

Les conduits des geysers sont des tubes assez étroits où la circulation de l'eau doit se faire difficilement, fig. 124. Il est donc possible que l'eau des parties inférieures soit plus chaude que celle qui avoisine la surface. La température des couches inférieures de l'eau augmente peu à peu, et elle atteint bientôt le point d'ébullition. Du moment que l'ébullition commence, l'eau placée au-dessus de celle qui est au fond, est jetée en dehors du cratère du geyser. La pression dans le tube du geyser devenant plus faible, l'ébullition en revanche, est de plus en plus violente, bientôt toute la masse d'eau et de vapeur est projetée au dehors. Après cette éruption, tout rentre en repos ; le tube se remplit lentement des eaux d'infiltration ou à l'aide de sources souterraines, et, après un temps plus ou moins long, une autre éruption vide encore une fois le tube, et ainsi de suite.



Fig. 124.

Les eaux de ces geysers renferment souvent beaucoup de silice ou de carbonate de chaud en dissolution. Ces minéraux se déposent autour des ouvertures et forment des incrustations de la plus grande beauté.

Article V.

Métamorphisme.

Sa nature et ses effets.—Le mot *métamorphisme* veut dire changement. Appliqué aux lits géologiques, il désigne un durcissement très prononcé ou un changement dans la composition chimique. C'est ainsi qu'une ardoise argileuse sera changée en micaschiste ou en gneiss, un grès argileux en gneiss ou en granite, le calcaire amorphe en marbre, les grès ordinaires en quartzite. Assez souvent le métamorphisme d'une roche est accompagné d'un changement de couleur. Il y a aussi expulsion presque complète de l'eau, des bitumes, destruction des fossiles, etc. Quelquefois de nouveaux minéraux cristallisés prennent naissance durant le métamorphisme ; *v. g*, un calcaire renfermant de l'argile, des sables, des phosphates et fluorures, donnera un marbre riche en Mica, Feldspath, Scapolite, Pyroxène, etc. La plupart des pierres précieuses, Topaze, Saphir, Emeraude, etc., sont des produits métamorphiques.

Théorie du métamorphisme.—Trois agents ont concouru à produire le métamorphisme : la chaleur, l'eau et la pression. La chaleur a été nécessaire, car autrement on ne se rendrait pas compte des cristallisations qui caractérisent cet état, non plus que du durcissement des lits et de leur déshydration. Cependant cette chaleur n'a pas été suffisante pour faire subir aux roches la fusion ignée. En effet, l'apparence des roches métamorphiques est bien différente

de celle des laves ou des autres roches plutoniques, comme nous l'avons vu plus haut.

Par l'examen des enclaves liquides que renferme le quartz de certains granites et gneiss, le P. Renard concluait, d'une manière extrêmement ingénieuse, que la température qui a produit le métamorphisme de ces roches n'a pas dépassé 400°C. Il est probable que, grâce à l'action simultanée de la chaleur et de l'eau, surtout de l'eau alcaline, la température du métamorphisme est restée bien inférieure à cette limite.

L'eau pure en effet, d'après les expériences de MM. Daubrée, Sénarmont, etc., chauffée à 400°C, ramollit toutes les roches ordinaires et favorise singulièrement la production de divers minéraux, *v. g.*, Mica, Quartz, Feldspath, Augite, etc. L'eau alcaline donne les mêmes résultats à une température qui ne dépasse pas 150°C.

La pression a été nécessaire dans certains cas, *v. g.*, dans le métamorphisme du calcaire. Ce dernier en effet, chauffé à l'air libre, se change, non pas en marbre, mais en chaux. De même l'eau, à l'air libre, ne pourrait jamais dépasser 100°C, et serait incapable d'avoir l'action minéralisatrice qui lui est attribuée.

La chaleur nécessaire pour la production du métamorphisme a pu avoir plusieurs causes. En premier lieu, l'accumulation de 30,000 ou 40,000 pieds de sédiments a exposé les couches inférieures, encore pénétrées d'humidité, à une température plus que suffisante pour produire le métamorphisme. Plus tard, grâce à divers plissements, l'érosion a emporté les couches superficielles, laissant à nu les couches inférieures métamorphisées.

On remarque encore que le métamorphisme est surtout prononcé dans les roches qui ont été beaucoup bouleversées par des plissements, failles, etc. Ces bouleversements, ayant eu pour effet d'exposer les lits aux températures élevées de l'intérieur du globe, en ont produit le métamorphisme. Il est très probable que les écrasements multiples qui ont nécessairement accompagné ces mouvements de la croûte terrestre, ont été accompagnés du dégagement de beaucoup de chaleur, se développant dans les lits eux mêmes, par la transformation de l'énergie mécanique.

Cette théorie explique pourquoi le métamorphisme a une relation constante avec l'épaisseur des formations; pourquoi les roches les plus anciennes, ayant été couvertes de dépôts très épais, sont toutes métamorphiques; pourquoi certains lits métamorphisés sont intercalés entre d'autres qui ne le sont pas, ces derniers étant moins affectés par les eaux surchauffées; enfin pourquoi les plissements, les cassures de la croûte terrestre, sont toujours accompagnés de métamorphisme.

CHAPITRE CINQUIÈME.

Contraction du globe terrestre.

Ses effets.—L'opinion générale des géologues veut que la Terre ait été primitivement un globe fondu qui s'est solidifié peu à peu. Or, ce globe étant une

fois solidifié, l'extérieur s'est refroidi plus vite que l'intérieur, à cause du rayonnement. La croûte extérieure, relativement froide, repose ainsi sur des parties très chaudes, qui, grâce à leur refroidissement, diminuent de volume. Or cette contraction produit nécessairement, dans l'enveloppe terrestre, des pressions latérales extrêmement fortes, qui modifient profondément la disposition originelle des roches qui la composent. Voici les principaux effets de cette contraction du globe terrestre : *soulèvements et affaissements, plissements, failles, joints, tremblements de terre, métamorphisme, formation de chaînes de montagnes, changements dans les climats par suite des soulèvements et affaissements,* etc. De tous ces effets, nous n'étudierons que les tremblements de terre et les phénomènes qui ont rapport à l'origine des chaînes de montagnes.

Article I.

Tremblements de terre.

Leur nature et leurs effets.—Les tremblements de terre sont des vibrations du sol, dont la cause est à l'intérieur du globe, et qui se font sentir sur de vastes étendues. On distingue parmi ces vibrations les secousses simples, qui ne sont pas accompagnées de déplacements, les secousses suivies de déplacements et les vibrations rapides qui causent le bruit.

Ces phénomènes sont sans contredit les plus effrayants que présente la nature, et, s'ils ne contribuent pas toujours à modifier considérablement les lits géologiques sur lesquels leur action se fait sentir, ils

causent très souvent de véritables désastres, détruisant en un clin-d'œil des villes entières, ruinant de fond en comble des pays riches et prospères.

Parmi leurs effets géologiques,—les seuls que nous considérerons ici,—nous devons citer les soulèvements ou affaissements qui se produisent sur une grande étendue de pays. En 1822, toute la côte ouest de l'Amérique du Sud s'élevait de 2 à 7 pieds. En 1835, la même côte s'élevait de 2 à 10 pieds. En 1819, après un fort tremblement de terre, une surface de 2000 milles carrés, placée à l'embouchure de l'Indus, s'enfonçait sous les eaux. Après le grand tremblement de terre de la Calabre, en 1733, le sol fut en certains endroits, criblé de crevasses; ailleurs, il se produisit des gouffres de 200 à 300 pieds de profondeur; ailleurs, de vastes fissures s'ouvrirent et un des côtés s'enfonça plus ou moins, c'était de véritables failles.

Cause des tremblements de terre.—Il serait imprudent d'attribuer ces terribles phénomènes à une seule cause. Il y a une relation évidente entre quelques tremblements de terre et les éruptions volcaniques; les éruptions des volcans à lave pâteuse surtout, sont toujours accompagnées de tremblements de terre; cependant on peut dire, sans crainte de se tromper, que plusieurs de ces phénomènes n'ont aucune relation avec les volcans. On a constaté, ces années dernières, qu'il y avait en moyenne 575 tremblements de terre par année. Or, si l'on remarque que plusieurs ont échappé aux observations, vu qu'ils se sont produits sous l'océan ou dans des pays sauvages, on peut dire que la terre vibre toujours dans quelque portion de sa surface.

On sait encore que, grâce à la contraction de l'intérieur, cette surface s'enfonce en un endroit pour s'élever ailleurs. Or ces mouvements devraient être continus. Mais si la croûte est capable de résister un certain temps à cette force, elle le fera, jusqu'à ce qu'elle cède tout à coup, en se brisant ou en se broyant sur une grande surface à la fois. Si nous ajoutons encore que ces cassures peuvent se faire dans des lits ayant des milliers de pieds d'épaisseur, nous avons là une cause capable d'expliquer les phénomènes des tremblements de terre. Il n'est pas impossible non plus que, deux couches voisines se refroidissant et se contractant inégalement, glissent de temps en temps l'une sur l'autre, ou encore se rompent en plusieurs endroits, causant chaque fois des secousses du sol, c'est-à-dire, des tremblements de terre.

Article II.

Origine probable des différents types de chaînes de montagnes.

Origine des reliefs continentaux.—Par suite de la différence de composition des couches qui forment la surface de la terre, celle-ci doit se refroidir et se contracter inégalement suivant diverses directions. De cette manière certains rayons terrestres deviendront plus courts que d'autres, et la forme du globe sera légèrement altérée, les eaux se réunissant dans les dépressions superficielles. Telle est l'origine probable des continents, qui d'ailleurs, se sont tous dessinés dès le commencement, bien qu'il n'aient pas alors émergé complètement hors des eaux.

Cause générale des chaînes de montagnes.—Les chaînes de montagnes ont une autre origine. La cause générale qui les a formées est une pression latérale dans la croûte terrestre, pression résultant de la contraction de l'intérieur. Or cette tension étant universelle, la pression de la croûte sous-océanique devait s'exercer obliquement et en montant, sur les bords de la croûte continentale plus élevée, de manière à modifier, à plier, surtout les lits placés dans le voisinage des dépressions océaniques. Cette pression devait encore être, jusqu'à un certain point, en proportion avec la grandeur de la croûte sous-océanique. On est en droit de conclure de là que les chaînes de montagnes devront se trouver surtout sur les bords des océans et avoir des dimensions en rapport avec la grandeur de ceux-ci. C'est ce que l'on constate d'ailleurs par l'observation directe.

Relation entre l'épaisseur des sédiments et la formation des chaînes de montagnes—Un fait remarquable qui se rapporte à l'origine des chaînes de montagnes est le suivant. Là où devait se former une de ces chaînes, un enfoncement lent s'est d'abord produit, de manière à permettre l'accumulation d'une épaisseur très considérable de sédiments. Ces sédiments ont 40,000 ou 50,000 pieds dans les monts Appalaches. Les couches inférieures, se trouvant ramollies par la chaleur de plus en plus grande à laquelle elles étaient exposées, chaleur augmentée encore par la transformation de l'énergie mécanique en énergie calorifique, il est arrivé un moment, où, suivant la remarque du Dr T.-S. Hunt, les parties inférieures de cette gigantesque synclinale ont cédé sous l'influence de la pression latérale,

et les sédiments supérieurs, se trouvant comprimés latéralement, ont été pliés, cassés de diverses manières et ont donné naissance à une chaîne de montagnes. Une chaîne de montagnes se formerait ainsi, sans que la partie de la croûte terrestre sur laquelle elle repose s'élevât dans son ensemble ; une pression latérale, en effet, quelque forte qu'elle soit, ne pourrait jamais soulever les parties inférieures d'une synclinale.

Modifications des reliefs des montagnes par l'érosion.— Les plissements dus à la cause que nous venons d'étudier, ont nécessairement des formes, des dimensions fort variées. Mais la variété dans les reliefs d'une chaîne de montagnes a été encore augmentée par l'éro-



Fig. 125.

sion qui a modifié considérablement la forme des plissements, attaquant les anticlinales plus friables que les synclinales, et laissant ces dernières faire saillie à la surface générale du pays, fig. 125. Cette



Fig. 126.

érosion a quelquefois causé à elle seule de véritables

montagnes, *v. g.*, dans les endroits à lits horizontaux ou à peu près, fig. 126. Nous donnons ici quelques sections des principaux types de chaînes de montagnes. Il sera facile d'y voir le rôle joué par les ondulations des lits géologiques et l'érosion, fig. 127, 128 et 129.



Fig. 127.

Remarquons que nous ne supposons pas que les plissements aient été complètement finis lorsque l'érosion a commencé à les détruire. Au contraire, du

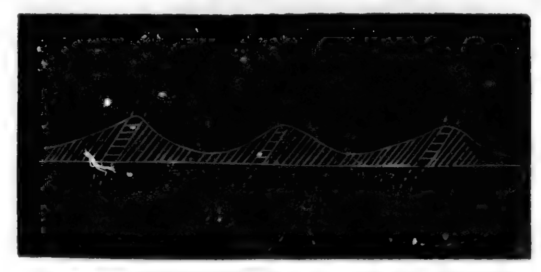


Fig. 128.

moment qu'un commencement de courbure a soulevé légèrement les lits géologiques, les agents atmosphériques les ont attaqués immédiatement et l'érosion

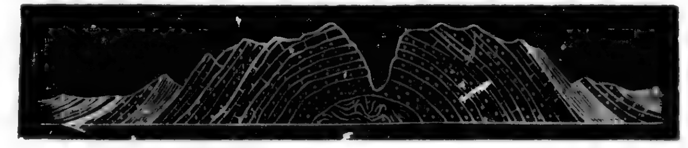


Fig. 129.

s'est continuée à mesure que les lits se pliaient de plus en plus.

Structure des chaînes de montagnes.—Pour terminer nous dirons qu'une chaîne de montagnes est en réalité, un immense plateau recouvert et limité par des ondulations plus ou moins prononcées. Ces ondulations ont généralement leurs arêtes orientées dans le même sens que la montagne, fig. 130. Quelquefois aussi ces arêtes secondaires forment comme un réseau inextricable, où il est à peu près impossible de distinguer les ondulations les unes des autres. Les Appalaches sont un bon exemple du premier type de chaînes de montagnes; les Alpes et, jusqu'à un certain point, les Laurentides appartiennent au second.



Fig. 130.

La pente moyenne des montagnes est toujours très douce. Pour n'en citer qu'un seul exemple, la pente moyenne du versant orientale des Montagnes Rocheuses ne dépasse pas généralement 20 pieds par mille, ce qui correspond à un angle de 12 minutes. Cette pente se continue sur une longueur de 600 milles du côté de l'est et de 400 à 500 milles à l'ouest. Les Montagnes Rocheuses qui atteignent une hauteur de 14,000 pieds, ne sont donc pas, comme on se l'imagine quelquefois, une barrière *étroite* qui sépare l'Amérique orientale de l'Amérique occidentale, mais plutôt un léger gonflement de la surface, à peine sensible si

on le compare au reste du continent américain. D'ailleurs la figure 131, fera bien comprendre ce que nous



Fig. 131.

venons de dire. C'est une section de cette chaîne menée, entre les parallèles 41° et 42°, à partir du 96° long. ouest de Washington, jusqu'au rivage de la Californie en C. Les hauteurs, dans cette section, sont, comme nous l'avons déjà dit, 70 fois trop fortes, comparées à la longueur du dessin.

Oscillations actuelles de la croûte terrestre. — Les mouvements de soulèvement et d'affaissement, qui se sont produits autrefois, se continuent encore de nos jours, mais avec une très grande lenteur. On a constaté, par l'observation directe, que les rivages de la Suède et de la Finlande s'élèvent peu à peu au-dessus des eaux, avec une vitesse de 3 ou 4 pieds par siècle. A Pouzzoles, se voient encore les ruines d'un temple de Sérapis, bâti sur le bord de la Méditerranée. Ces ruines consistent principalement en un certain nombre de colonnes, debout sur leurs bases, mais privées de leur couronnement. Or il est certain que ce temple, depuis sa construction, a été enseveli en partie sous les eaux. En effet les colonnes ont été attaquées par des mollusques marins sur une longueur de plusieurs pieds. Un mouvement ascensionel s'est ensuite produit, qui a donné aux ruines la position qu'elles ont maintenant. Ce double

mouvement a été tellement doux que les colonnes sont restées droites sur leurs bases et ont parfaitement gardé leur position d'équilibre.

Les côtes du Groënland au contraire s'abaissent. Les pêcheurs moraves ont dû transporter leurs cabanes plus loin dans les terres; des villages ont été complètement envahis et recouverts par les eaux. M. le Prof. Bell, dans sa récente exploration de la baie d'Hudson, a constaté que les rivages de cette mer intérieure s'élèvent lentement au-dessus des eaux. Déjà le P. Petitot, à qui nous devons tant d'observations intéressantes sur l'Amérique arctique, avait remarqué des preuves évidentes du mouvement général qui élève peu à peu la surface de toute cette partie de notre continent. D'un autre côté, l'existence de troncs d'arbres profondément ensevelis sous les alluvions, le long des rivages orientaux des Etats-Unis peut être regardée comme une preuve que cette partie du continent s'enfonce lentement sous les eaux.

Tous ces faits montrent que la terre est loin d'être un globe absolument rigide. Elle cède aux forces internes qui tendent à modifier sa surface; et rien de surprenant si l'on trouve qu'à différentes époques de leur formation, les continents n'avaient pas la forme qu'ils ont maintenant.

La lenteur de ces oscillations nous fait encore comprendre que les forces en jeu, tout en étant, pour ainsi dire, infinies en puissance, agissent avec une très grande lenteur. Les lits en général ont été pliés, et non pas broyés, comme ils l'auraient été si ces forces eussent agi brusquement.

LIVRE QUATRIÈME.

GÉOLOGIE HISTORIQUE.

La Géologie historique trace l'histoire de la formation de la croûte terrestre. Elle nous fait connaître l'ordre chronologique des lits qui la composent, les changements qui ont eu lieu à diverses époques dans la forme des continents, des mers et dans les climats. Elle étudie aussi les différents êtres vivants qui se sont succédé à la surface de la terre. Toutefois cette dernière partie est particulièrement du ressort de la *Paléontologie.* Aussi en fait de fossiles, nous ne parlerons que des groupes généraux qui servent à caractériser un âge géologique, sans faire l'examen en détails de la faune et de la flore des différents âges.

L'histoire générale de la formation de toutes les couches géologiques se partage en un certain nombre d'époques, qui se distinguent les unes des autres par une discordance très marquée dans la stratification, et surtout par un changement profond dans les espèces vivantes. On dirait qu'à certaines époques, les animaux et végétaux ont été complètement détruits, pour être remplacés plus tard par des espèces tout à fait différentes. On ne connaît pas la cause de ces changements ; on ne sait pas non plus s'ils ont été aussi brusques, aussi complets, qu'on pourrait le croire

à première vue. Toutefois, il est impossible de nier leur existence ; et ils constituent des divisions très naturelles dans l'ensemble de l'histoire géologique.

On peut distinguer quatre époques, qui sont, en commençant par les plus anciennes :

I. Epoque *éozoïque*, à laquelle on donne encore le nom d'*azoïque* ou *archéenne*. Le mot éozoïque vient de deux mots grecs : ἠώς, aurore et ζωή, vie.

II. Epoque *paléozoïque* ou *primaire* ; de deux mots grecs : παλαιός, ancien et ζωή, vie.

III. Epoque *mésozoïque* ou *secondaire* ; de deux mots grecs : μέσος, mitoyen et ζωή, vie.

IV. Epoque *cénozoïque* ou *tertiaire* ; de deux mots grecs : καινός, récent et ζωή, vie.

Les êtres vivants de l'époque éozoïque sont on ne peut plus rudimentaires. Ce n'est le plus souvent, qu'une espèce de gelée organisée, vivant et se développant à la surface des rochers, sous les eaux. C'est l'*aurore* de la vie. Durant l'époque paléozoïque, la vie revêt des formes plus parfaites, plus complexes. On y voit des mollusques, des crustacés, même des amphibies. Cependant toutes les espèces de cette époque ont des formes qu'on est tenté de regarder comme très anciennes, vu que ces espèces n'existent plus depuis longtemps. C'était l'époque de la *vie ancienne*. Avec l'époque mésozoïque les formes animales et végétales se rapprochent des nôtres. Ce n'est pas tout à fait le *facies* moderne, mais il y a progrès sur la vie paléozoïque. C'est une vie *mitoyenne* entre les antiquités paléozoïques et notre époque. Enfin les formes vivantes du cénozoïque sont à peu près les nôtres,

surtout celles de la fin de l'époque. La vie se modernise, c'est vraiment l'époque de la vie *récente*.

Assez souvent on ajoute une cinquième division : l'époque *quaternaire*. C'est l'âge de l'homme qui a été créé à la fin, après que le globe terrestre eût été complètement préparé par la Providence pour être la demeure du chef d'œuvre de la création. Car c'est bien pour nous que tout a été fait. Cette merveilleuse évolution du globe terrestre devait avoir un but. Et quel aurait été ce but, s'il n'eût été d'assurer le bonheur de l'être qui occupe, pour ainsi dire, le faîte de toute la création matérielle, et qui, comme le dit très bien M. de Quatrefages, constitue à lui seul, dans une *seule* espèce, un *seul* genre, une *seule* famille, un règne tout entier, le *règne humain*.

Ces époques que nous venons d'énumérer se divisent et se subdivisent en une foule de groupes secondaires, parmi lesquels nous étudierons surtout ceux qui se trouvent dans notre province. C'est dire que nous donnerons une attention spéciale aux deux époques paléozoïque et quaternaire, qui comprennent tous les terrains de Québec.

Quant aux noms donnés aux différents étages géologiques, ce sont le plus souvent ceux des localités où ils sont le plus développés, ou dans lesquelles ils ont été plus particulièrement étudiés.

Le tableau suivant comprend les époques géologiques avec leurs principales divisions, les plus récentes occupant le haut du tableau.

	Nomenclature américaine.		Nomenclature étrangère.
V. ÉPOQUE QUATERNAIRE OU ÉPOQUE DE L'HOMME.	Terrasses. Champlain. Glaciaire.		Récent. Quaternaire ou pleistocène.
IV. ÉPOQUE CÉNOZOÏQUE, TERTIAIRE OU DES MAMMIFÈRES.	Sumter. Yorktown. Alabama. Lignitique.		Pliocène. Miocène. Eocène.
III. ÉPOQUE MÉSOZOÏQUE, SECONDAIRE OU DES REPTILES.	Crétacé. Jurassique. Triassique.		Crétacé. Jurassique. Triassique.
II. ÉPOQUE PRIMAIRE OU PALÉOZOÏQUE.	Carbonifère, *âge des plantes*.	Permien. Carbonifère. Sous-carbonifère.	Permien. Carbonifère. Calcaire carbonifèrien ou *mountain limestone*.
	Dévonien, *âge des poissons*.	Supérieur. Inférieur.	Vieux grès rouge.
	Silurien, *âge des mollusques*.	Supérieur.	Caradoc. Llandeilo.
		Inférieur.	Trémadoc. Lingula. Cambrien.
I. ÉPOQUE ÉOZOÏQUE, ARCHÉENNE OU AZOÏQUE.	Huronien.		
	Laurentien	Supérieur ou labradorien. Inférieur.	

Nous avons cru devoir renvoyer plus loin l'énumération des subdivisions siluriennes et dévoniennes. Comme les terrains siluriens en particulier, ne sont pas les mêmes dans Québec et Ontario, il faudra dresser une liste distincte pour chacune de ces provinces.



Petite carte géologique de la Province de Québec.—1 Laurentien inférieur; 2 Laurentien supérieur; 3 Groupe de Québec, formations de Lévis, Lauzon et Sillery; 4 Trenton, Birds'eye, Black-River; 5 Utica et Rivière Hudson; 6 Silurien supérieur; 7 Dévonien; 8 Sous-carbonifère. Les affleurements de la formation de Potsdam ne sont pas indiqués. Ils se rencontrent en différents endroits du Groupe de Québec, au sud du fleuve, depuis St-Charles jusqu'à Rimouski.—R-Rimouski, Q-Québec, T-Trois-Rivières, M-Montréal, S-Sherbrooke, C-Chicoutimi.

CHAPITRE PREMIER.

Epoque éozoique ou archéenne.

L'époque archéenne comprend les terrains les plus anciens que l'on connaisse. C'est sur eux que reposent les couches siluriennes et toute la série des sédiments supérieurs. Aussi doivent-ils exister en tous les endroits du globe quoiqu'ils ne soient pas visibles partout, ayant été recouverts par les formations plus récentes. Bien que ces roches soient très anciennes, on les regarde cependant comme étant réellement sédimentaires, et par conséquent, différentes de la croûte qui s'est formée lors de la première solidification du globe. Les roches archéennes auraient été constituées par les débris de cette croûte primitive, et à leur tour, elles ont fourni les matériaux d'une foule de dépôts sédimentaires postérieurs.

DISTRIBUTION DES FORMATIONS ÉOZOÏQUES.—En Amérique, les roches éozoïques affleurent à la surface du sol, sur un grand espace, placé dans la partie septentrionale du continent, fig. 132. Cette aire éozoïque est comme une longue bande recourbée sur elle-même et enveloppant la baie d'Hudson. Généralement on lui donne la forme d'un V, à branches inégales, entre lesquelles serait cette baie ; mais les dernières recherches du Prof. Bell, de la Commission géologique canadienne, laissent croire que la branche ouest du V est recourbée et vient aboutir sur la côte occidentale de la baie d'Hudson.

On trouve encore cette formation exposée en différents endroits de l'Amérique, sous forme d'ilots, englobés dans les formations plus récentes. Les monts Adirondacks, dans le New-York, font partie d'un de ces

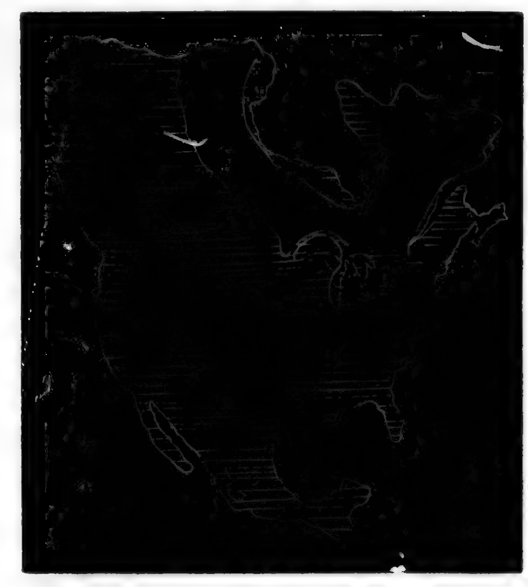


Fig. 132.

ilots, qui est relié aux formations éozoïques canadiennes par une langue étroite, traversant le St-Laurent à la hauteur des Mille-Isles. Les roches laurentiennes canadiennes couvrent tout l'espace occupé par la chaînes des Laurentides.

En Europe les mêmes terrains se rencontrent en Ecosse et surtout dans le Scandinavie, dont ils consti-

tuent les montagnes à eux seuls. On les voit aussi en France et dans certaines parties de l'Allemagne, mais peu développés.

Etages éozoïques.—La Commission géologique du Canada, après avoir divisé les terrains éozoïques en deux étages, l'étage *laurentien* et l'étage *huronien*, a eté conduite par l'étude plus complète de la stratigraphie du laurentien, à le subdiviser en deux formations : le laurentien *inférieur* et le laurentien *supérieur* ou *labradorien*. Ces étages se distinguent l'un de l'autre par les roches qui les composent, les débris organiques qu'on y trouve et leur stratification discordante.

Roches des terrains éozoïques.—Le laurentien inférieur se compose de schistes cristallins, dont une forte partie sont des gneiss parfois granitoïdes ; il y a aussi des quartzites, des schistes amphiboliques ou micacés, des roches pyroxéniques et calcaires, métamorphiques. Ces dernières se trouvent réunies en trois grandes formations distinctes, de 1000 à 1500 pieds d'épaisseur chacune.

Le labradorien, qui repose en lambeaux discordants sur le laurentien inférieur, est caractérisé par une anorthosite, composée essentiellement d'un feldspath triclinique (souvent Labradorite), et de Pyroxène. Le labradorien se voit au Château-Richer, à St-Urbain, au Saguenay, au nord de Montréal, etc.

Le huronien renferme surtout des quartzites, des schistes plus ou moins chloriteux, épidotiques, des serpentines et des diorites. Ces lits renferment quelquefois des galets laurentiens.

MÉTAMORPHISME, PLISSEMENTS DES LITS ÉOZOÏQUES. —Ces lits ne sont nulle part horizontaux. Au contraire on les trouve bouleversés de toutes les manières possibles. La figure 133 fait voir le contraste qu'il y

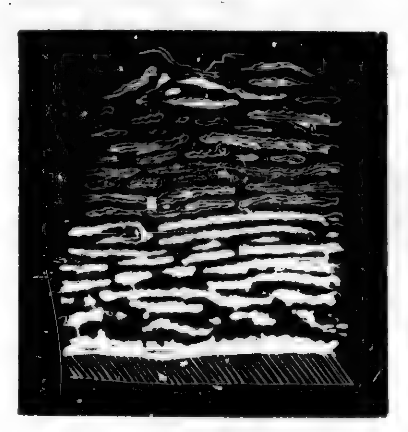


Fig. 133.

a entre les terrains éozoïques et les terrains siluriens supérieurs dans la partie ouest de notre Province. La direction générale de ces plissements est à peu près nord et sud, mais des ondulations secondaires transversales ont été reconnues dans la région septentrionale de l'Ottawa, étudiée avec plus de soin que le reste.

Ces lits ont été traversés par plusieurs roches éruptives, syénites, porphyres quartzifères et dolérites. Dans le seul laurentien inférieur, on distingue quatre époques d'épanchement, dont la quatrième a coïncidé avec l'époque silurienne.

RESTES ORGANIQUES CARACTÉRISTIQUES.—" Les calcaires du laurentien inférieur du Canada, disaient les membres de la Commission géologique en 1867, renferment des restes organiques, se rapportant principalement à un organisme étudié et décrit par le Dr Dawson, de Montréal, qui lui a donné le nom d'*Eozoon Canadense*." C'est un rhizopode, ou foraminifère, de grande dimension, fig. 134, qui aurait recouvert les


Fig. 134.

roches et sécrété une carapace calcaire, recouverte elle-même plus tard par une seconde expansion de sarcode, constituant un autre individu, sécrétant à son tour une seconde carapace calcaire, et ainsi de suite, de manière à constituer des amas très puissants. L'eozoon abonde dans la troisième formation calcaire du laurentien inférieur. Son squelette calcaire se trouve injecté de différents silicates, qui ont remplacé la sarcode, tout en conservant parfaitement la structure intime de la matière animale. Le même eozoon (sp. *bavaricum*) a été trouvé dans les calcaires laurentiens de la Bavière.

Quoique la nature animale de l'eozoon ait été un sujet de vive discussion parmi les géologues, et qu'elle reste encore douteuse pour quelques-uns, l'autorité du Dr Carpenter, du Dr J.-W. Dawson et autres, est pour nous une garantie plus que suffisante,et nous regardons l'eozoon comme l'aîné de toutes les espèces animales.

M. Dawson a encore découvert dans les mêmes terrains des spicules d'éponges. Aussi la grande majorité des géologues croient-elles maintenant à l'existence d'êtres vivants durant l'époque éozoïque. La présence du graphite en grande abondance, est une probabilité

de plus en faveur de la vie archéenne. Voilà pourquoi cette époque est maintenant appelée éozoïque et non pas azoïque, comme elle l'était autrefois.

Principaux minéraux utiles des terrains éozoïques.—Nous citerons en premier lieu le fer oxydulé et le fer oligiste, qui se rencontrent en puissantes masses stratifiées dans le laurentien inférieur. Ces lits peuvent avoir 100 à 200 pieds d'épaisseur. Le Graphite est assez abondant, surtout dans les calcaires, où il entre quelquefois pour une proportion de 2 à 3 par cent. Ajoutons le Mica, exploité en certains endroits, l'Apatite, dont les gisements d'Ottawa sont si puissants et si riches.

Le laurentien supérieur renferme la plupart de ces minéraux, plus, des masses énormes de fer titané, comme à St-Urbain, quelquefois mélangées de Rutile.

Le terrain huronien comprend des roches dioritiques "qui abondent en minérais métalliques, parfois disséminés, mais le plus souvent répandus dans des filons, qui, dans une gangue de Quartz, renferment beaucoup de minérais de cuivre, et sont exploités avec grands bénéfices." On y a trouvé du nickel, du cobalt, des masses considérables de fer oligiste. M. le Prof. Bell, qui étudiait vers 1877 la formation huronienne sur les rivages de la baie d'Hudson, lui trouvait le même caractère métallifère.

D'après les travaux de la Commission géologique, l'épaisseur du laurentien inférieur serait de 40,000 pieds, celle du labradorien de 10,000 pieds et celle de le huronien de 18,000 pieds. Ce dernier ne se rencontre pas dans la province de Québec, mais près du lac Huron, à Terreneuve et dans la Nouvelle-Ecosse.

CHAPITRE DEUXIÈME.

Epoque paléozoique.

L'étude des terrains paléozoïques a pour nous un intérêt particulier, surtout celle des étages inférieurs, car à ces étages appartiennent la plupart des terrains de notre province.

Etage silurien inférieur.—Les terrains siluriens présentent entre eux une très grande différence suivant qu'on les étudie dans la partie orientale du Canada ou dans la partie occidentale. " Dès le début de la période silurienne, a commencé un grand mouvement de la croûte terrestre, ayant pour résultat une série d'ondulations, avec plusieurs ruptures et soulèvements." Ce mouvement a séparé la superficie paléozoïque du Canada et de l'Amérique du Nord en deux bassins. L'un oriental, comprenant les formations les plus anciennes, pliées, bouleversées et plus ou moins altérées, sur lesquelles reposent en stratification discordante, des étendues de couches appartenant au silurien supérieur, au dévonien et au sous-carbonifère. Dans le bassin occidental au contraire, se trouvent les formations supérieures, siluriennes et dévoniennes, beaucoup moins tourmentées et peu altérées. Le tableau suivant que nous empruntons, en le modifiant, à "l'Esquisse géologique du Canada," fera mieux comprendre cette différence.

TERRAINS SILURIENS INFÉRIEURS.

Province de Québec.	Bassin oriental.	Bassin occidental.	Série complète.
Rivière Hudson.	....	Rivière Hudson.	Rivière Hudson.
Utica.	....	Utica.	Utica.
Trenton.	....	Groupe de Trenton.	Groupe de Trenton.
Chazy.	....	Chazy.	Chazy.
Sillery.	Sillery, } Groupe	....	Sillery, } Groupe
Lauzon.	Lauzon, } de	....	Lauzon, } de
Lévis.	Lévis. } Québec.	....	Lévis, } Québec.
....	....	Calcifère supérieur.	Calcifère supérieur.
....	....	Calcifère inférieur.	Calcifère inférieur.
....	....	Potsdam supérieur.	Potsdam supérieur.
Potsdam inférieur.	Potsdam inférieur.	....	Potsdam inférieur.
....	Groupe de St-Jean de Terreneuve.	....	Groupe de St-Jean.

La province de Québec se trouve presque tout entière dans le bassin oriental. Cependant elle renferme quelques autres terrains, vu que la ligne qui sépare ces deux bassins part du Lac Champlain, tombe sur le fleuve St-Laurent entre St-Nicolas et St-An-

toine, passe au nord de la citadelle, longe le côté nord de l'Ile d'Orléans et se prolonge sous le fleuve jusqu'au Cap des Rosiers, dans la Gaspésie. Les terrains placés à l'ouest et au nord de cette ligne appartiennent au bassin occidental. Voilà pourquoi nous avons ajouté une liste spéciale contenant les formations de la province de Québec.

Le bassin oriental est, à bien dire, le seul que nous étudierons.

Sur les grès de Potsdam, que l'on trouve à différents endroits de la côte sud du fleuve, depuis Québec jusque dans la Gaspésie, et sur les dolomies de la formation calcifère, repose, en stratification concordante, dans l'Etat de New-York, le calcaire de Chazy. Cependant, après de longues études stratigraphiques et paléontologiques, on est arrivé à la conclusion qu'il y a eu, entre le dépôt de ces deux formations, un intervalle assez prolongé pour permettre l'accumulation, dans les mers voisines, d'une série de sédiments d'au moins 10,000 pieds, qu'on a appelée *Groupe de Québec.*

Groupe de Québec.—Dans la région apalachienne du Canada, le Groupe de Québec atteint une épaisseur de 10,000 pieds Il forme les monts Notre-Dame et les Montagnes Vertes du Vermont. On le retrouve sur toute la longueur des Apalaches.

Sir W. Logan partage ce groupe en trois divisions. La plus ancienne, celle de *Lévis,* dépasse 5,900 pieds d'épaisseur, elle se compose de calcaires, de dolomies, avec grès quartzeux et schistes d'un noir verdâtre. Les fossiles y abondent. Après la formation de Lévis vient celle de *Lauzon,* remarquable en ce qu'elle est limitée par deux bandes magnésiennes métallifères,

caractérisées surtout par des schistes cuprifères. C'est la formation minière bas-canadienne par excellence ; celle qui renferme les mines de cuivre si nombreuses des Cantons de l'Est. Enfin au-dessus vient se placer la formation de *Sillery*, composée en grande partie de grès quartzeux et feldspathiques, verdâtres, accompagnés vers la base de schistes rouges et verts. Dans les régions métamorphiques, les sédiments de cette formation apparaissent sous la forme de gneiss, souvent granitoïdes, passant au schiste micacé. *

La formation de *Chazy* est particulièrement développée aux environs de Montréal et dans l'ouest de la Province. On retrouve ce terrain à St-Vincent de Paul, à l'ouest de Terrebonne, près de Ste-Thérèse, à St-Lin. On le voit aussi aux iles Mingan.

La formation de *Trenton* est assez importante dans la province de Québec. C'est elle qui constitue les calcaires de la rive nord, depuis le cap Tourmente jusqu'à Montréal. Elle est remplie de fossiles et même lorsque le métamorphisme l'a rendu cristalline, comme à Deschambault, on distingue encore les coquillages qui la constituent presque complètement.

Pour compléter la série des formations de Québec, mentionnons celles d'*Utica* et de la *Rivière Hudson*. Elles sont généralement constituées par des argilites assez friables, interstratifiées de lits de grès, souvent exploités comme pierre à bâtir. On les trouve à l'île

* Dans le rapport de la Commission géologique pour l'année 1877-78, M. Selwyn, directeur de la Commission, propose de remplacer ces divisions du Groupe de Québec, par trois autres étages qu'il croit devoir placer l'un dans le silurien, l'autre dans le cambrien et le troisième dans la formation huronienne.

d'Anticosti, à Montmorency, et en plusieurs endroits de la partie occidentale de notre province. Elles constituent les falaises abruptes entre lesquelles coule le St-Laurent, depuis St-Augustin jusqu'à Lotbinière.

Révolutions à la fin du silurien inférieur.—C'est surtout à la fin de cette époque que s'opère définitivement la séparation entre le bassin oriental et le bassin occidental du Canada. Sous l'influence d'une pression latérale venant de l'Atlantique, les couches siluriennes ont été pliées et cassées. Ce phénomène s'est produit tout spécialement le long d'une grande ligne de rupture qu'on peut suivre, comme nous l'avons dit plus haut, depuis le Cap Rosiers jusqu'au Cap Tourmente, et de là, en passant par St-Augustin, jusqu'au lac Champlain et même jusque dans les Etats du Sud de la République américaine. Cette faille a eu pour effet d'amener à la surface les roches du Groupe de Québec et de les faire reposer *apparemment* sur les lits plus récent d'Utica et de la rivière Hudson. Dans la figure 135, qui est une section faite à la chute Mont-

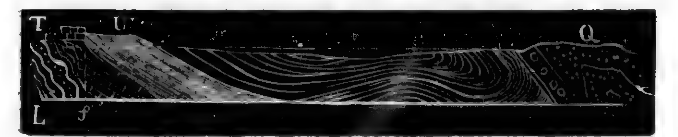


Fig. 135.

morency, T est le calcaire de Trenton, U est l'Utica, Q est le Groupe de Québec, L est le Laurentien, *f* est la ligne de rupture. Cette section court depuis les hauteurs de Beauport, jusque sur le côté sud de l'Ile d'Orléans. La figure 136 est une autre coupe qui part de Lévis en L, rencontre le rocher de Québec Q,

traverse la rivière St-Charles R, et finit sur les hauteurs de Charlesbourg C. On peut y voir la disposi-



Fig. 136.

tion générale des roches du Groupe de Québec et des traces de la grande rupture citée plus haut, entre la rivière St-Charles et Charlesbourg.

Silurien supérieur.—Ces terrains existent surtout dans le sud de la région apalachienne où ils reposent en stratification discordante sur le silurien inférieur. Dans la Gaspésie, ils sont représentés par une épaisseur de calcaire de près de 2000 pieds. Ces calcaires sont recouverts en partie par une série de schistes *dévoniens*, d'une épaisseur de 7000 pieds, renfermant une flore fossile assez remarquable, étudiée par le Dr Dawson. Les calcaires cités plus haut paraissent être l'équivalent des formations *Medina*, *Clinton*, *Niagara* et *Guelf*, du bassin paléozoïque occidental.

Nous donnons les principaux étages siluriens supérieurs du bassin occidental : le No. 1 correspond au plus ancien.

6 Helderberg inférieur....Calcaire.
5 Onondaga..................Dolomie.
4 Guelf.............. ....Dolomie.
3 Niagara ... .Dolomie.
2 Clinton ....Calcaire et schiste.
1 Medina.......................Grès.

On croit que les calcaires fossilifères de l'Ile d'Anticosti correspondent à la formation de *Guelf* dans Ontario.

Vie silurienne.—Vie essentiellement marine, caractérisée surtout par un grand développement de mollusques, de trilobites, d'algues, etc.

Etage dévonien.—Les terrains dévoniens ne se rencontrent guère, dans notre Province, que dans la Gaspésie, mais en revanche ils sont très développés dans Ontario. En voici les principaux étages. Le numéro 1 indique encore le plus ancien.

5 Chemung............Schistes et grès.
4 Portage ....Schistes et grès.
3 Hamilton............Schistes et marnes.
2 Cornifère .. ..Calcaire.
1 Oriskany............Grès.

Les terrains dévoniens du bassin occidental présentent un grand intérêt en ce qu'ils contiennent une assez grande quantité de pétrole. Il n'est pas impossible cependant que le pétrole se rencontre dans les formations inférieures aux terrains dévoniens, *v. g.*, dans les calcaires de Trenton. Certains puits à pétrole dans les îles Manitoulines et le Kentucky atteignent cet horizon.

Voici ce qu'on lit à ce sujet dans l'*Esquisse géologique du Canada :* " Les formations paléozoïques du grand bassin occidental sont remarquables par des dépôts de pétrole, qui paraissent, au moins dans le Canada, avoir leur origine dans les calcaires non magnésiens du groupe de Trenton et de la formation Cornifère. On y trouve le pétrole remplissant des cavités dans des

brachiopodes, des orthocères, des coraux et imprégnant aussi certaines parties poreuses des calcaires. Ces parties oléifères sont souvent complètement entourées de calcaire compacte, humide et sans trace de pétrole, ce qui porterait à croire que, soit cette substance, soit sa matière première, occupe sa position actuelle depuis le dépôt du sédiment calcaire. On remarque les conditions précitées également dans les calcaires du dévonien et du silurien inferieur; mais ces derniers, quoique partout bitumineux, ne contiennent que peu de pétrole dans les parties orientales du bassin. Cependant, dans les îles Manitoulines, au lac Huron, où on trouve de petites sources naturelles de pétrole, on a foré des puits à travers les schistes d'une épaisseur de 100 à 140 pieds, qui recouvrent les calcaires du groupe de Trenton: Dans ces calcaires, on rencontre, à différentes profondeurs, des fissures ayant fourni, en certains cas, plusieurs mille litres de pétrole. Ces puits sont, jusqu'à présent, moins productifs que ceux du terrain dévonien; mais des sources d'huile très abondantes ont été découvertes dans le silurien inférieur du Kentucky.

“ Les puits forés pour la recherche de l'huile dans la région sud-ouest du Canada, l'ont été dans les dépôts quaternaires y recouvrant, à des profondeurs de 50 à 150 pieds, les affleurements de formations dévonienne : celles-ci sont tantôt le calcaire Cornifère et tantôt les marnes et schistes du groupe de Hamilton. On y trouve souvent, à la base des argiles quaternaires, des couches de gravier saturées de pétrole; mais de telles sources, quoique assez productives, sont bientôt épuisées. Il en est rencontré de plus abondantes, à

différentes profondeurs, dans les couches dévoniennes où le pétrole paraît s'être accumulé dans des fissures de dimensions très variables. Ces réservoirs se trouvent, le plus souvent, dans les schistes de Hamilton, qu'il est cependant quelquefois nécessaire de traverser pour pénétrer à une profondeur plus ou moins grande dans le calcaire Cornifère, avant de découvrir le pétrole. Il faut toutefois remarquer que les sources les plus abondantes se trouvent, soit dans les schistes, soit dans les calcaires encore recouverts des schistes, et que la quantité de pétrole est moins considérable dans les régions où ces dernières roches avaient été enlevées avant le dépôt des argiles. Les schistes offrant des fissures, ainsi que les graviers quaternaires, ont évidemment servi de réservoirs au pétrole provenant du calcaire oléifère. Ces fissures renferment souvent, à la fois, du pétrole, de l'eau et de l'hydrogène carburé (gaz des marais). L'élasticité de ce dernier explique la sortie impétueuse et spontanée du pétrole des puits récemment ouverts, d'où il jaillit quelquefois à des hauteurs de plusieurs pieds, et souvent en un volume prodigieux. Un cas notable s'est présenté dans le canton d'Enniskillen, où, pendant plusieurs mois, deux sources jaillissantes avaient fourni du pétrole à raison de quelques centaines de litres par jour. Dès qu'on eut foré dans leur voisinage un troisième puits, d'où s'est échappé un volume considérable de gaz, le jaillissement de l'huile a cessé. Depuis lors, le pétrole n'a pu être extrait de ces puits qu'au moyen de pompes, et c'est ce qui arrive tôt ou tard pour toutes les sources jaillissantes.

“Dans quelques cas, le rendement naturel d'un puits récent sera de 10,000 à 20,000 litres par jour, où même de beaucoup davantage, et cela sans mélange d'eau. Plus tard, le pétrole, retiré à l'aide de pompes, est accompagné de quantités d'eau considérables, qui augmentent graduellement jusqu'à ce qu'il devienne convenable d'abandonner le puits par suite de la rareté du pétrole. Il arrive, parfois, qu'un forage entrepris à quelques pieds seulement d'un puits stérile ou épuisé, produit une source abondante de pétrole.

“Tous les faits qu'on vient de signaler font voir que les sources abondantes de pétrole dépendent de son accumulation dans des réservoirs, qui ne peuvent être que des fissures à peu près verticales. Ces réservoirs devraient naturellement se trouver sur les lignes de soulèvement, et à l'appui de cette manière de voir, on a constaté que toutes les sources productives de pétrole, soit dans le Canada, soit dans les états voisins, existent le long des ondulations et sur les axes anticlinaux.

“La grande masse de calcaires existant à la base des grès dévoniens dans la Gaspésie est plus ou moins imprégnée de pétrole, dont de nombreuses petites sources s'y rencontrent sur les affleurements du calcaire et du grès. On a foré plusieurs puits dans cette région qui, cependant, n'a fourni, jusqu'à présent, que peu de pétrole.”

Les pétroles de la Pensylvanie viennent des terrains dévoniens supérieurs, ceux de la Virginie occidentale et de l'Ohio sont extraits des terrains sous-carbonifères.

Quant à son origine, le pétrole, d'après les rapports de la Commission géologique, serait de formation contemporaine avec les calcaires qui le renferment. "Les faits que nous venons d'exposer, dit le Dr T.-S. Hunt dans l'*Esquisse* citée plus haut, font voir que les pétroles des terrains paléozoïques de l'Amérique du Nord ne doivent pas leur origine à l'action de la chaleur souterraine sur des couches de houille ou de pyroschiste. En effet, dans le cas des îles Manitoulines, les calcaires oléifères sont à la base même du terrain paléozoïque, et sont seulement séparés par quelques pieds de grès non fossilifères, des anciens dépôts cristallins du terrain huronien. Le pétrole est évidemment de formation contemporaine avec ces calcaires, et il dérive probablement d'une transformation particulière des matières d'origine végétale ou animale, qui se serait opérée au fond des eaux où se déposaient ces sédiments calcaires. Des matières semblables dans des eaux moins profondes, perdent une plus grande proportion de leur hydrogène et se transforment en houille ou en pyroschiste. On peut aussi dire que le pétrole renferme à peu près les éléments de la houille réunis à ceux du gaz des marais.

"Les relations que quelques-uns ont cru voir entre les pétroles et les matières salines ne sont qu'apparentes. Presque partout, dans les bassins paléozoïques, les sédiments ont été d'origine marine, et, dans les régions où ils n'ont pas été très soulevés, ils renferment encore les eaux de l'océan ancien, qui vient au jour avec les pétroles. Il se trouve en outre, des formations renfermant du sel-gemme, quelquefois avec gypse et soufre natif, résultats de l'évaporation des

bassins de mer ; mais les trois formations salifères qui se rencontrent, à différentes hauteurs, dans la grande série paléozoïque de l'Amérique du Nord, sont à des horizons distincts des formations renfermant du pétrole, et elles appartiennent à des périodes très différentes. A part celle du silurien inférieur, il se rencontre deux formations salifères, à différents niveaux dans le terrain carbonifère des Etats-Unis."

Vie dévonienne.—Caractérisée surtout par un grand développement des poissons de la famille des requins. Il y en avait aussi d'autres recouverts de larges plaques osseuses qu'on retrouve souvent dans les lits dévoniens. Ajoutons beaucoup de mollusques, de coraux, de trilobites. Les plantes terrestres qui font alors leur apparition sont presque toutes cryptogames : fougères, lycopodes, équisétacés.

Etage carbonifère.—C'est l'âge durant lequel s'est formée la houille. Dans les terrains inférieurs, à cause du développement restreint de la végétation, la houille n'existe pas. Mais les mines de houille peuvent se trouver dans les étages supérieurs, et de fait, quelques-unes sont exploitées qui appartiennent aux époques mésozoïques ou même cénozoïques.

Durant l'époque carbonifère, la surface des continents était tantôt un peu au-dessus des océans, tantôt un peu au-dessous. De vastes marais d'eau douce recouvraient des surfaces très grandes. Là, une végétation des plus vives se développait incessamment, pendant qu'à l'ombre de ces forêts se multipliaient les scorpions, les araignées, les insectes et plusieurs reptiles. Les plantes, assez analogues aux plantes dévoniennes, appartenaient à la grande classe des

cryptogames. Le feuillage était donc très riche, mais il n'y avait pas de fleurs. Les fougères de cette époque atteignent 30 pieds de hauteur, les lycopodes, 50 ou 60 pieds et les équisétacés, plus de 20 pieds. Toutes ces plantes, sauf certaines fougères tropicales, ne dépassent pas maintenant deux ou trois pieds.

La formation carbonifère n'est représentée dans la Province de Québec que par une étroite lisière, de *sous-carbonifère*, à Bonaventure, laquelle ne renferme pas de mine de houille. C'est dire qu'on ne découvrira pas de mine de houille au Canada. Les quelques matières charbonneuses qui se découvrent souvent dans certaines parties du Groupe de Québec, sont loin de constituer des mines de houille, pas plus que ces filons de neuf ou dix pouces d'épaisseur qu'on trouve ailleurs, et dont le rendement ne couvrirait pas les frais d'exploitation. On dit avoir trouvé dernièrement, dans des argiles canadiennes regardées jusqu'ici comme quaternaires, des lits d'une substance lignitique, analogue à la houille ordinaire.

La formation houillière est très développée dans la Nouvelle-Ecosse, les Etats-Unis, le Territoire du Nord-Ouest, en Angleterre, en France, etc.

L'âge de la houille n'a pas été une âge de verdure perpétuelle, car les lits de houille, qui sont le résultat de la décomposition des végétaux, ne constituent pas le cinquantième de l'epaisseur totale des terrains houilliers. Il s'y est donc produit des dépressions des surfaces continentales assez fortes pour permettre le dépôt de lits puissants de grès ou de calcaires qu'un mouvement ascendant reportait plus tard à la

surface, de sorte qu'un autre lit de houille pouvait se former, et ainsi de suite.

Origine de la houille.—Il n'y a pas de doute que la houille ne résulte de tissus végétaux décomposés. En voici les principales preuves. On trouve en effet des troncs d'arbres ayant encore la structure du bois et cependant convertis en houille. Des lits de tourbes se changent insensiblement en une matière qui ressemble tout à fait à la houille. Des débris de plantes, feuilles, rameaux, tiges, abondent dans les lits houillers. Enfin, l'anthracite, même la plus compacte, a la structure organique.

Les matières végétales, enfoncées dans l'eau et soumises à l'action d'une chaleur modérée, ne perdent qu'une petite partie de leur carbone, le reste demeure combiné avec une portion de l'hydrogène et de l'oxygène des tissus primitifs, et constitue la houille. Le bois, durant cette opération, perd les trois-cinquièmes ou les trois-quarts de son poids, et de plus, grâce à la pression, son volume est de beaucoup diminué. On croit qu'un pied de houille correspond à un lit végétal de 5 pieds d'épaisseur et un pied d'anthracite à un lit végétal de 8 pieds.

L'existence des lits de houilles, avec les mêmes plantes fossiles au pôle nord et à l'équateur, est une preuve que le climat de cette époque était à peu près uniforme sur toute la surface de la terre. L'atmosphère devait renfermer beaucoup d'acide carbonique et de vapeur d'eau, agents qui favorisent grandement la croissance des végétaux.

AGRANDISSEMENT DU CONTINENT AMÉRICAIN DU NORD PENDANT LE PALÉOZOÏQUE.—Nous avons vu qu'à la fin

de l'époque archéenne, le continent américain était représenté par un noyau terrestre assez restreint, placé près de la baie d'Hudson. Les montagnes de cette première époque étaient les Laurentides, les Adirondacks et quelques autres sommets des Etats-Unis. Durant tout le paléozoïque, le continent américain s'agrandit; son rivage sud s'éloigne de plus en plus du noyau archéen. A la fin du silurien inférieur, les rivages océaniques touchent presque les limites sud de notre province. Les monts Notre-Dame et les Montagnes Vertes surgissent. Une légère bande de la Gaspésie se formera durant le dévonien et à la fin du sous-carbonifère toute notre province contiendra les terrains qu'on y rencontre aujourd'hui. La ligne des rivages continue son mouvement vers le sud durant le carbonifère.

PERTURBATIONS À LA FIN DU PALÉOZOÏQUE.—Durant toute l'époque paléozoïque, sauf après le silurien inférieur, les lits étaient restés dans un repos relatif. Mais à la fin de cette époque, les couches ont été profondéments modifiées, dans leur position par des plissements, des ruptures, etc., dans leur composition et leur structure par le métamorphisme. Ça été une époque de bouleversement par toute la surface de la terre, et, par contre coup, l'extinction de toutes les espèces animales paléozoïques s'en est suivie. Ces grands mouvements, comme dit M. Le Conte, ont été comme la sentence de mort des êtres paléozoïques.

Les effets de ces bouleversements ont été de courber les lits en plis gigantesques, larges d'un mille et plus; de les rompre par des failles de 10,000 à 20,000

pieds, fig. 137. Ailleurs les roches ont été durcies, métamorphisées, la houille changée en anthracite.

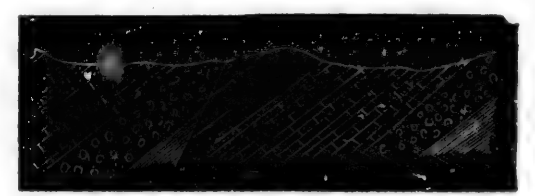


Fig. 137.

Nous donnons ici deux coupes des couches telles que modifiées par ces révolutions, fig. 138.

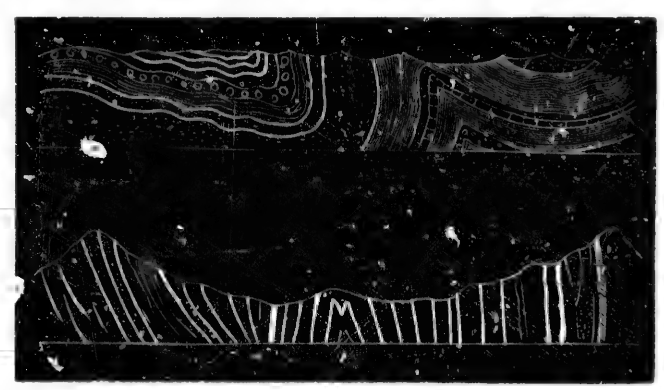


Fig. 138.

Il semble que la force produisant ces mouvements soit venue de l'Atlantique. Dans tous les cas, les effets ont été considérables, surtout sur la côte est de l'Amérique, et le résultat définitif a été la formation de Monts Apalaches. La figure 139 représente une section faite transversalement à ces montagnes. On peut y voir les plissements, les ondulations, les rup-

tures qui ont modifié la position primitive des lits. On verra en même temps que le relief des plis primitifs, qui avaient jusqu'à 20,000 pieds de hauteur, a été



Fig. 139.

profondément modifié par l'érosion, et les Apalaches ne présentent nulle part des hauteurs qui approchent celles-là.

C'est à cette époque qu'on croit devoir placer la formation des monts Ourals, entre l'Europe et l'Asie.

CHAPITRE TROISIÈME.

Epoque mésozoique.

Les terrains de cette epoque offrent peu d'intérêt pour nous, vu qu'on ne les rencontre pas dans notre province. Le continent américain s'accroît encore par des dépôts qui se forment sur ses côtés et sur une large bande placée à l'intérieur, là où s'élèvent maintenant les Montagnes Rocheuses. Cette grande loi du développement géographique du continent américain par le sud, se continue donc durant le mésozoïque. Vers la fin, commencèrent à se dresser les chaines de Sierra Nevada, de Wahsatch, à l'est du

Grand Lac Salé, de de Humboldt et quelques autres chaînons secondaires. La figure 140 est une carte de

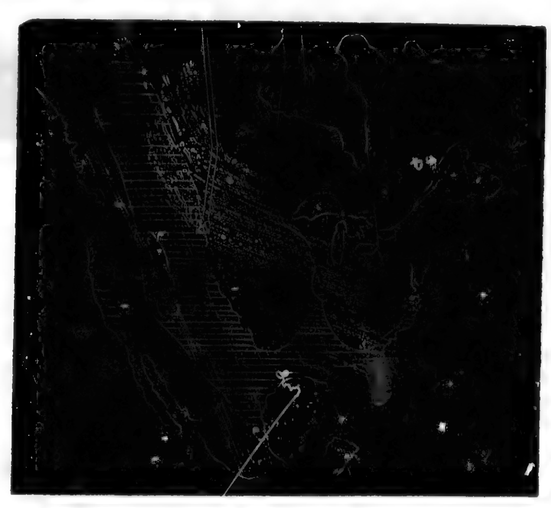


Fig. 140.

l'Amérique à l'époque mésozoïque. Le continent est presque tout formé, sauf une lisière le long du golfe du Mexique et une large bande sur laquelle s'élèveront plus tard les puissants massifs des Montagnes Rocheuses.

Cette époque se partage en trois étages : le *triassique*, le *jurassique*, développé surtout dans les monts Jura et le *crétacé*, caractérisé par de puissants lits de craie.

La vie se modernise peu à peu. Parmi les mollusques, les espèces d'Ammonites et de Bélemnites se comptent par centaines, par milliers. Les reptiles, chez les vertébrés, prennent un développement si

marqué, que cet époque a été appelé *l'âge des reptiles*. C'était d'énormes sauriens, sillonnant les eaux de leur masse pesante, ou des ptérodactyles, véritables dragons volants. Quelques sauriens terrestres, à la fois herbivores et carnivores, mesuraient 25 à 50 pieds de long; d'autres sauriens bipèdes, les dinosaures, et parmi eux l'*iguanodon*, atteignaient des dimensions énormes, 30 pieds de longueur; ajoutons les mosasaures, serpents marins de 75 à 80 pieds. Les oiseaux d'alors ont quelques traits de ressemblance avec les reptiles; quelques-uns ont des queues mobiles comme eux et de véritables dents. En voilà assez pour justifier le nom d'âge des reptiles donné au mésozoïque.

CHAPITRE QUATRIÈME.

Epoque cénozoique.

Lyell partage l'époque cénozoïque en *eocène*, *miocène* et *pliocène*. M. J.-D. Dana, la divise en *Lignitique*, *Alabama*, *Yorktown* et *Sumter*.

C'est durant le cénozoïque que notre continent se complète. Les Montagnes Rocheuses se forment définitivement et atteignent peu à peu le niveau qu'elles ont maintenant. Les côtes continentales se développent, et à la fin de l'époque, l'Amérique du Nord apparaît telle que nous la voyons aujourd'hui. La figure 141 représente le continent américain du nord à l'époque cénozoïque.

La vie végétale et animale se rapproche décidément de celle qui nous est contemporaine. Parmi les ar-

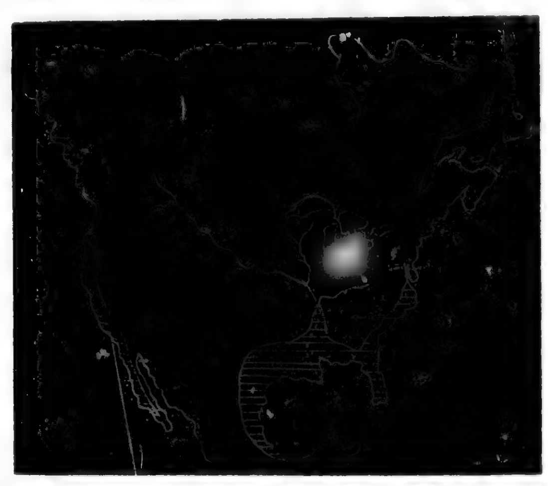


Fig. 141.

bres, on voit les chênes, les saules, les peupliers, les érables, les palmiers, les magnolias, etc. Dans le règne animal existe un grand développement de mammifères. Les oiseaux n'ont plus la queue de leurs prédécesseurs mésozoïques, mais ressemblent aux espèces actuelles. Chez les mammifères apparaissent les premières baleines, les premiers herbivores, carnivores, rongeurs et singes. Dans les lits miocènes se trouvent des ossements fossiles d'hyènes, de chiens, de panthères, de rhinocéros, de tapirs, de chevaux, etc. Le pliocène renferme des restes d'éléphants, de mastodontes, de renards, de loups, etc. C'est durant cette époque que se forment les Montagnes Rocheuses.

En Europe et en Asie, on voit aussi surgir de puissants massifs montagneux. Les Alpes, les Pyrénées, les monts Carpathes, les monts Himalayas, sont de l'époque cénozoïque.

CHAPITRE CINQUIÈME.

Epoque quaternaire.

L'époque quaternaire offre pour nous un intérêt particulier, car c'est alors que se sont formés les sables, les graviers, les glaises, qui recouvrent partout les formations siluriennes et qui constituent notre sol arable. Dans la province de Québec, nous n'avons donc que les deux extrémités de la série des terrains géologiques ; les plus anciens : terrains *éozoïques* et *paléozoïques*, et les plus récents : terrains *quaternaires*.

L'époque quaternaire se partage en trois étages : l'étage *glaciaire*, l'étage *Champlain* et l'étage des *terrasses* ou *récent*.

Etage glaciaire.—Durant cette période on constate qu'une quantite enorme de substances minérales et terreuses fut transportée du nord vers le sud, dans les pays septentrionaux. C'étaient des argiles, des sables, des graviers, des galets, quelquefois des troncs ou des branches d'arbre. Ces matières sont maintenant distribuées pêle-mêle, stratifiées ou non, à la surface

des continents. Elles ne contiennent jamais de fossiles marins. La province de Québec, surtout la grande plaine qui en occupe le centre, est recouverte d'une grande épaisseur de ces matériaux de transport. La plupart des cailloux perdus des champs viennent des Laurentides.

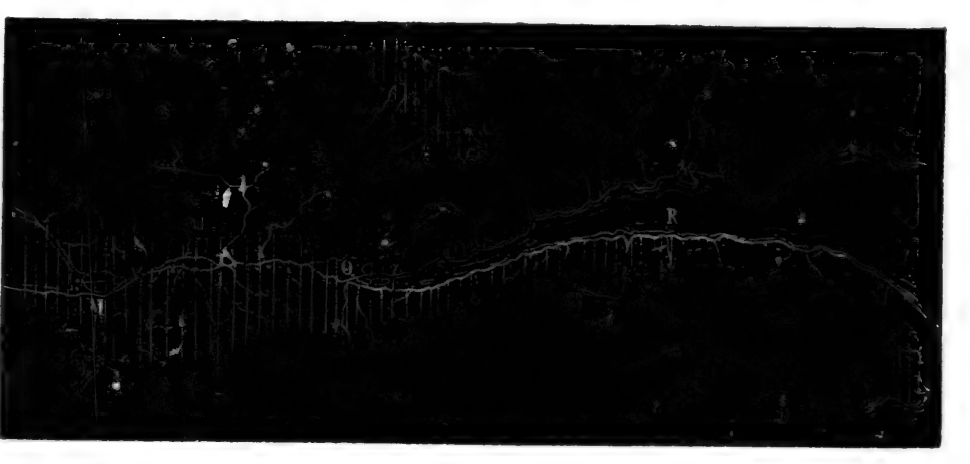
Les cailloux transportés ainsi ont quelquefois des volumes énormes. On en a mesurés de 20 ou 30 pieds de dimension en tous sens et pesant des millions de livres. En général la direction de ces mouvements a été du nord vers le sud ou le sud-ouest, quelquefois vers le sud-est. Les matériaux ont été transportés à travers les grands lacs de l'ouest, aussi bien qu'à travers les plaines ordinaires. Quant à la distance à laquelle ces transports se sont faits, elle dépasse quelquefois 200 milles.

Striage.—Les surfaces rocheuses sur lesquelles s'opéraient ces mouvements ont été polies, arrondies en roches moutonnées ; leur surface s'est recouverte de stries, indiquant la direction du mouvement. On trouve ces stries dans des montagnes, à plus de 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Glacier continental.—La cause de tous ces effets a été une immense surface de glace, un immense glacier, recouvrant complètement les contrées septentrionales de l'hémisphère nord et coulant vers le sud. En effet, les glaciers des Alpes produisent encore aujourd'hui les mêmes résultats, et il est raisonnable d'attribuer à des causes analogues des effets de même nature. Les hauteurs auxquels on trouve maintenant les stries glaciaires (4 ou 5000 pieds), font donner à la masse de glace une épaisseur énorme. Si les glaciers actuels,

qui ne dépassent guère quelques centaines de pieds d'épaisseur, modifient si profondément les surfaces sur lesquelles ils coulent, que ne pouvait pas faire le poids immense du glacier continental ? Sans aucun doute, il y a là une cause suffisante pour expliquer tous les phénomènes que nous constatons dans cet étage du quaternaire. Les lits antérieurs ont donc pu être broyés, pulvérisés ; leurs débris, entrainés par le courant glacial, se sont déposés çà et là, et ont formé le sol que nous cultivons maintenant.

Les banquises d'alors ont aussi contribué à transporter une certaine quantité de terre et de pierres, du nord vers le sud.



CARTE DE LA PROVINCE DE QUÉBEC À L'ÉPOQUE CHAMPLAIN.—Les parties couvertes de hachures étaient alors envahies par l'eau. Le golfe St-Laurent se prolongeait jusqu'à Montréal et, au sud, ses eaux se mêlaient à celles du lac Champlain. Ce dernier, véritable bras de mer, était peuplé de baleines et autres animaux marins, dont on a trouvé les débris sur ses rivages. Il est aussi digne de remarque que le territoire du Saguenay était également recouvert par l'eau. Le lac St-Jean devait se prolonger loin au sud, jusqu'aux environs de Chicoutimi. C'est durant l'époque des *terrasses* que ce vaste réservoir s'est vidé peu à peu, et par le Saguenay et peut-être par le St-Maurice.

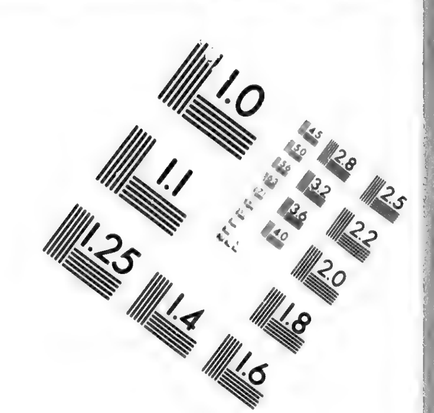
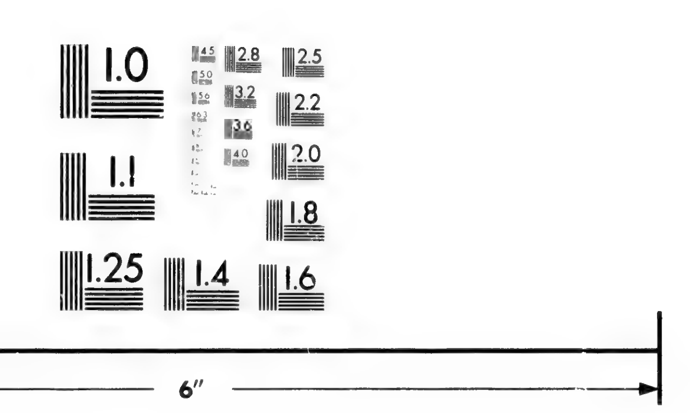


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)



6"



Etage Champlain.—Cette période a été caractérisée par une dépression des continents septentrionaux, assez considérable pour permettre le dépôt de fossiles marins à des endroits maintenant élevés de près de 1000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le climat devint plus chaud que durant la période précédente: ce fut la cause de la fusion du glacier continental. Les eaux qui en résultèrent recouvrirent une grande partie du continent, remaniant les détritus rocheux distribués sans ordre par le courant glacial primitif, pour les déposer ensuite sous formes d'alluvions plus ou moins régulièrement stratifiées.

A ces eaux douces, nous devons ajouter l'océan, qui, grâce à l'affaissement de la surface continentale, envahit la terre ferme, remaniant lui aussi, les détritus de l'époque glaciaire, et laissant çà et là des amas de coquillages marins. Ces coquillages se trouvent en plusieurs endroits de notre province, particulièrement à Beauport, à Montréal, aux Trois-Pistoles, etc. Ils sont souvent à 400 ou 500 pieds au-dessus du niveau actuel du fleuve.

De ces faits on a droit de conclure qu'à l'époque Champlain, la province de Québec était en grande partie un immense bras de mer, faisant communiquer l'océan avec le lac Champlain, et peuplé de baleines, de marsouins et autres animaux marins dont on a trouvé les restes sur les bords du lac Champlain et en différents autres endroits. Il est certain cependant que la région apalachienne du Canada, non plus que la région laurentienne, n'a pas été recouverte par les eaux de l'époque Champlain. La preuve en est que les matériaux des glaciers se rencontrent là très irré-

gulièrement distribués, sous forme de moraines, absolument dans l'état où le glacier, en fondant, a dû les laisser sur le sol.

Les lits de l'étage Champlain dans l'Amérique du Nord, contiennent les débris de plusieurs grands mammifères herbivores, éléphants, mastodontes, bœufs, cerfs, castors, avec peu de carnivores. En Europe les mêmes lits sont riches en os de carnivores, lions, ours, tigres. Dans l'Amérique du Sud, on y trouve des os d'édentés, megatherium, glyptodon, etc. En Australie, ce sont des fossiles de marsupiaux, à peu près semblables à ceux qui y vivent encore aujourd'hui. Tous ces mammifères avaient des dimensions colossales. L'époque Champlain est celle où cet embranchement du règne animal atteint son plus grand développement.

Etage récent ou des terrasses.—A la fin de l'époque Champlain, la surface continentale, régularisée par les eaux, commença à émerger lentement à la surface de l'océan qui la recouvrait. Alors les rivières apparurent dans les vallées et creusèrent peu à peu leurs lits actuels dans le sol meuble et stratifié, formé durant la période Champlain. Ces rivières, en atteignant des niveaux de plus en plus bas, formèrent de chaque côté de leurs lits des terrasses plus ou moins régulières. Ces terrasses se voient le long de tous les cours d'eau. Un endroit où elles sont tout particulièrement belles, c'est l'embouchure de la rivière Ste-Anne. Toute la paroisse de St-Joachim ne se compose d'ailleurs que de deux terrasses, l'une inférieure argileuse, l'autre, plus haute de 10 ou 15 pieds,

et à surface sablonneuse. Citons encore les terrasses si belles qui se trouvent autour de la montagne de Montréal. Il y en a là toute une série, superposées les unes aux autres, et du plus haut intérêt pour le géologue à cause des fossiles qu'elles renferment. La même chose peut se dire des terrasses qui entourent Québec. A Beauport, elles sont particulièrement riches en fossiles.

Oscillations du continent américain durant l'époque quaternaire.—De tout ce que nous venons de voir, nous pouvons conclure que trois grandes oscillations se sont fait sentir durant le quaternaire, dans les pays septentrionaux. Un premier mouvement d'élévation, durant l'époque *glaciaire*, causait très probablement le refroidissement des climats qui amena la formation du glacier continental. Un second mouvement d'affaissement, durant lequel le glacier fondit et l'océan envahit une partie du continent: étage *Champlain*. Enfin, un troisième mouvement de soulèvement, c'est l'étage des *terrasses*.

CHAPITRE SIXIÈME.

L'homme.

C'est après toute cette série de révolutions, alors que la terre, façonnée par la main du Créateur, modifiée par le concours des divers agents de la nature, et enrichie de tout ce qui était nécessaire à l'humanité, était devenue une demeure digne du roi de la création, que ce roi lui-même est sorti de la main de Dieu. L'homme a été créé directement par Dieu. Quand même l'Ecriture Sainte ne nous le dirait pas, la science suffirait pour l'affirmer hautement. Impossible d'expliquer autrement les belles facultés intellectuelles qui lui appartiennent. Il n'est pas, comme le veulent les transformistes, un des anneaux de cette série indéfinie de formes par lesquelles passent d'après eux, tous les êtres vivants, obéissant à cette grande loi de perfectionnement qu'ils supposent régir toute la création animée. Cette théorie transformiste ne repose que sur des hypothèses hasardées; car, s'il y a un fait certain en histoire naturelle, c'est la *fixité complète* des espèces vivantes. Et nous sommes en droit de rejeter toute théorie basée sur la variabilité de ces espèces, tant qu'on ne nous en aura pas donné un exemple évident. L'homme n'a donc aucun lien de parenté avec le singe, Dieu merci ! Il n'est pas un singe perfectionné. Les crânes humains les plus anciens, sont, d'après les transformistes eux-mêmes, tout à fait différents des crânes simiens.

L'homme a été créé, non pas à l'état sauvage, mais dans un état de véritable civilisation. Si donc on trouve quelque part des traces qui indiquent l'état de barbarie de certaines peuplades préhistoriques, celles-ci doivent être regardées comme des produits de la dégénérescence de l'espèce humaine et non pas comme des types de la condition primitive de l'homme.

Quant à l'antiquité de l'homme, il a dû être contemporain des grands mammifères quaternaires, car on trouve ses ossements mêlés dans les cavernes avec ceux des mammouths, des rhinocéros, des ours, etc. On a même découvert sur des morceaux d'ivoire, des desseins représentant des mastodontes quaternaires, animaux dont on ne trouve plus maintenant les ossements qu'à l'état fossile. Mais il n'y a aucun fait qui permette de croire un instant à l'existence de l'homme tertiaire.

D'ailleurs l'antiquité de l'homme est une question qui est du ressort de l'histoire proprement dite. Si donc un jour les données de la Géologie contredisent des faits prouvés d'une manière certaine par les documents historiques, il faudra admettre que la Géologie se trompe: et cela d'autant plus facilement, que ses données trop souvent, ou bien ne sont pas certaines, ou bien sont susceptibles de diverses interprétations. La vérité est une. Du moment qu'elle se laisse voir, qu'elle apparaisse du côté des faits ou du côté du raisonnement philosophique, nous n'avons qu'à l'accepter, remerciant toujours le grand Dieu qui veut bien nous la manifester.

Des rapports de la Bible et de la Géologie, nous ne dirons qu'un mot. Dieu est l'auteur des faits géo-

logiques aussi bien que de la Bible. Ce sont deux livres merveilleux qui ne peuvent se contredire. Si quelques-uns de ceux qui essaient de les lire, les trouvent en désaccord, soyons sûrs qu'ils interprètent mal l'un ou l'autre de ces deux grands livres. Pour nous, respectons-les tous les deux. Etudions-les avec passion, si nous le voulons, mais en toute soumission aux décisions des autorités compétentes. Ils chantent, chacun à sa manière, la gloire de leur auteur commun, le Dieu de toute vérité.

D. O. M.

ADDENDA.

MINÉRALOGIE.

PHOSPHORESCENCE.—Dans l'énumération des propriétés optiques, nous avons mentionné la phosphorescence sans parler plus au long de cette propriété. Cette lacune a été causée par une erreur de pagination dans le manuscrit. Nous sommes donc obligé d'y suppléer par quelques notes sur cette propriété d'ailleurs fort peu importante.

La phosphorescence est la propriété d'émettre des rayons lumineux à une température inférieure à 400 ou 500 degrés. On la provoque de diverses manières : par l'insolation, ou exposition à la lumière solaire, par la percussion, par le clivage comme dans certaines variétes de Mica, par le frottement et par l'élévation de température. Le Spath-fluor émet une lueur phosphorescente très vive lorsqu'on le projette sur une surface chauffée à 200 ou 300 degrés. Mais après cela, il lui faut une exposition assez longue à la lumière solaire pour qu'il reprenne ses propriétés phosphorescentes. Le diamant est éminemment phosphorescent par insolation.

I
C
A
C
I
M
S
M
L
C
G
D
St
E
St
No
Pi
Ma
Sta
Cas

TABLE DES MATIÈRES.

MINÉRALOGIE.

MINÉRALOGIE PHYSIQUE.

MINÉRALOGIE CHIMIQUE.

CLASSIFICATION.

GÉOLOGIE.

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE.

GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

GÉOLOGIE HISTORIQUE.

TABLE GÉNÉRALE

DES ESPÈCES ET DES VARIÉTÉS DÉCRITES DANS CET OUVRAGE.